

## Avances del Proyecto ECCIP: Estudio de los cambios climáticos y su impacto en el Perú.

Salvador Zuta y Jorge Otiniano.

Facultad de Ciencias Físicas, Universidad Nacional Mayor de San Marcos  
Apartado Postal 14-0149, Lima 14, Perú.

**ABSTRACT:** *The advance in the analysis of oceanographic and meteorological conditions for the period 1988-1996 is presented, with special emphasis on the ENSO phenomenon, which has as its main scenary the Tropical Pacific, with spectacular manifestations taking place in the Peruvian area. The products of research and observational programmes carried out by national institutions and international organizations are the basic reference information, being the key variables the sea surface temperature, oceanic currents, sea level variations, surface winds, atmospheric pressure at sea level and precipitation. It is established that the moderate ENSO 1986-87 was followed by the cold period 1988-90, by the moderate and longer ENSO 1991-93 and the moderate cold period 1995-96, and in the short term a new warm episode is expected. This possibility urges us to be prepared with a National Programme on Climate Variability (CLIVAR), in order to assure the sustainable development of this country.*

**SUMILLA:** *Se presenta un avance del análisis de las condiciones oceanográficas y meteorológicas del período 1988-1996, con particular atención al fenómeno ENSO que tiene su principal escenario en el Pacífico Tropical, con manifestaciones espectaculares en el área peruana. Los productos publicados o difundidos por programas de observación e investigación de entidades del país y organizaciones internacionales, constituyen la información básica de referencia, siendo las variables esenciales la temperatura de la superficie del mar, corrientes oceánicas, variaciones del nivel del mar, vientos superficiales, presión atmosférica al nivel del mar y la precipitación. Se establece que al ENSO moderado 1986-87 siguieron el período frío 1988-90, el ENSO moderado y prolongado 1991-93 y el período frío moderado 1995-96, y es de esperar a corto plazo un nuevo episodio cálido, posibilidad que nos urge a prepararnos con un Programa Nacional sobre Variabilidad Climática (VARCLI), para asegurar el desarrollo sostenible del país.*

**PALABRAS CLAVES:** Variabilidad climática, sistema acoplado océano-atmósfera, Pacífico-Tropical, piscina caliente del oeste y lengua fría ecuatorial.

### 1. INTRODUCCION

El proyecto ECCIP de la UNMSM se inició en junio de 1991, teniendo como marco de acción el Programa Mundial de Investigación del Clima (WCRP) que auspician la

OMM (Organización Meteorológica Mundial), el CIUC (Consejo Internacional de Uniones Científicas) y la COI (Comisión Oceanográfica Intergubernamental) de UNESCO. El ECCIP entró en ejecución estrechamente relacionado con las tres com-

ponentes principales del WCRP, es decir, el entonces TOGA (Océano Tropical y Atmósfera Global), el WOCE (Experimento Mundial de Circulación Oceánica) y el GEWEX (Experimento Global sobre los Ciclos Energético e Hidrológico). El TOGA se inició en 1985 y terminó a fines de 1994, e hizo avances significativos en el conocimiento y predicción del sistema acoplado océano-atmósfera, denominado ENSO (El Niño y la Oscilación del Sur), y el WOCE tiene como fase observacional el período 1990-97.

Hoy en día se tiende a enfocar la variabilidad del sistema climático lento, por ejemplo las características de los océanos, de las masas de hielo y nieve, y de la superficie del continente y, con esta orientación se ha establecido un nuevo programa de investigación de 15 años de duración, denominado con la sigla CLIVAR, cuyo propósito es determinar la variabilidad y predictibilidad del sistema físico del clima, en escalas de tiempo estacional, interanual, decadal y hasta de un siglo, incluyendo la variabilidad natural y de forzamiento antropogénico, que lleven a un progreso en el entendimiento del ambiente global [1].

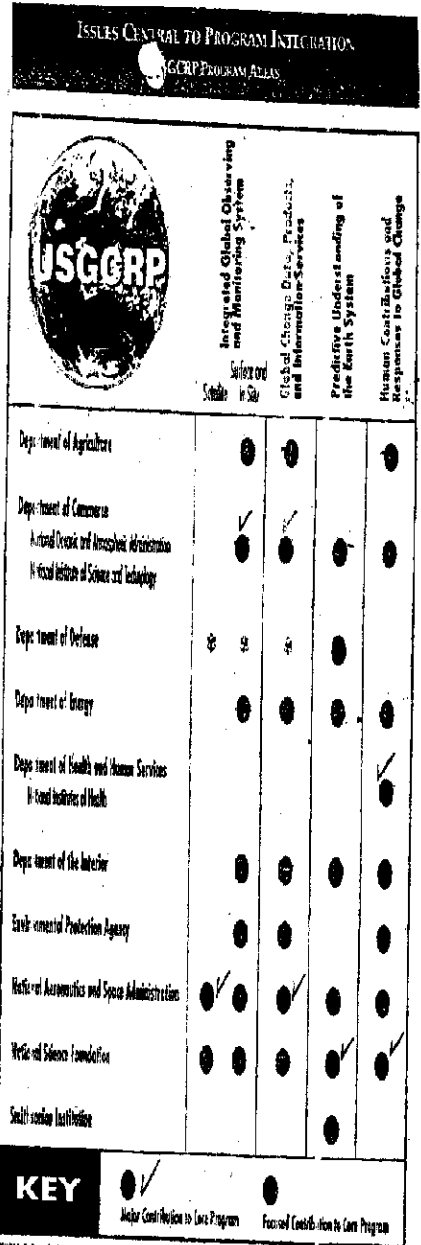
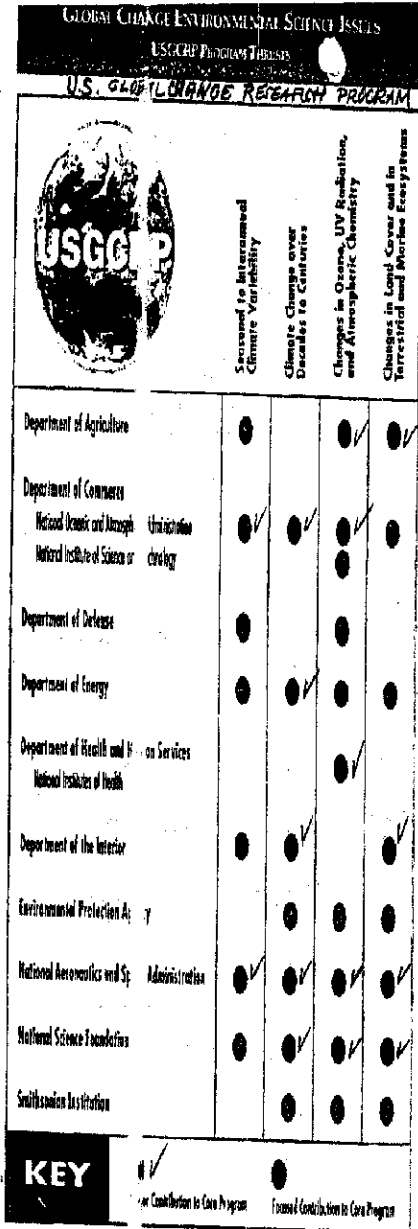
El CLIVAR aprovechará los avances científicos del TOGA y el WOCE, y dará énfasis al rol del océano para la predicción climática. El fenómeno ENSO es el más obvio de los signos de cambio climático de corta duración del planeta. El CLIVAR será el complemento del GEWEX, el cual trata de los flujos rápidos de energía y agua a través de la circulación turbulenta de la atmósfera.

El ECCIP surgió con el propósito que todavía sigue en pie, de promover un Programa Nacional sobre Variabilidad Climática (PRONAVAC), que permita al Perú tener una mejor participación en el WCRP y un aprovechamiento óptimo del esfuerzo nacional e internacional, que al final nos conduzca al uso y manejo adecuados de los recursos vitales: aire, agua y suelo, y conse-

cientemente a un desarrollo sostenible del país, en concordancia con la exigencia actual a nivel mundial. Un ejemplo de programa nacional integrado es el caso de EE.UU, cuya síntesis se da en la Fig.1, y la información correspondiente está disponible y es útil para el ECCIP.

El estudio de los cambios climáticos, en particular de los cambios ambientales, viene preocupando desde hace algunos años a la comunidad internacional, ante las evidencias de que las actividades humanas orientadas al aprovechamiento de los recursos naturales, están acelerando ciertos cambios con consecuencias imprevisibles en nuestro planeta. La Fig.2 es una muestra del uso de los recursos energéticos, con predominio de los derivados del petróleo, el carbón y el gas natural, y somos conscientes de que no hay desarrollo sin energía. El caso de la energía es también un aspecto sensible del ECCIP.

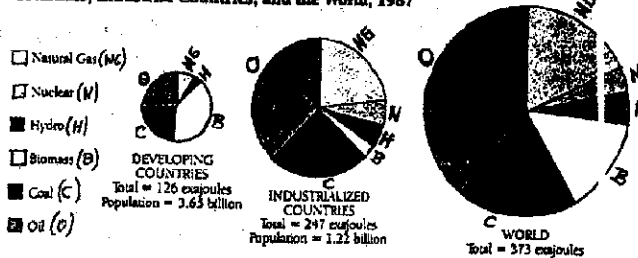
El estudio de los cambios climáticos es muy complejo y requiere de un trabajo multidisciplinario, coordinado e integrado a nivel nacional, regional e internacional, para asegurar el éxito y el beneficio en bien de la sociedad. Los programas internacionales en marcha cuentan con tecnologías modernas de observación, manejo y difusión de los datos, que debemos aprovechar en beneficio del país, y para eso debemos asegurar nuestra participación activa. La Fig. 3 (a,b) y la Tabla 1 muestran algunos aspectos importantes de dichos programas, en particular el uso de los satélites de varios países, actuales y previstos hacia el año 2017. El Perú tiene experiencia en trabajos cooperativos bilaterales, regionales e internacionales[2], que han aportado resultados muy positivos para el país, como el JOINT-II (1976-77) con EE.UU, etc, y las expediciones oceanográficas Chiper y El Niño Watch (ver Fig.4,5) son una muestra de cooperación en el estudio del Pacífico Tropical Oriental (PTO).



*(Tomado de: OUR CHANGING PLANET-FY 1997)*

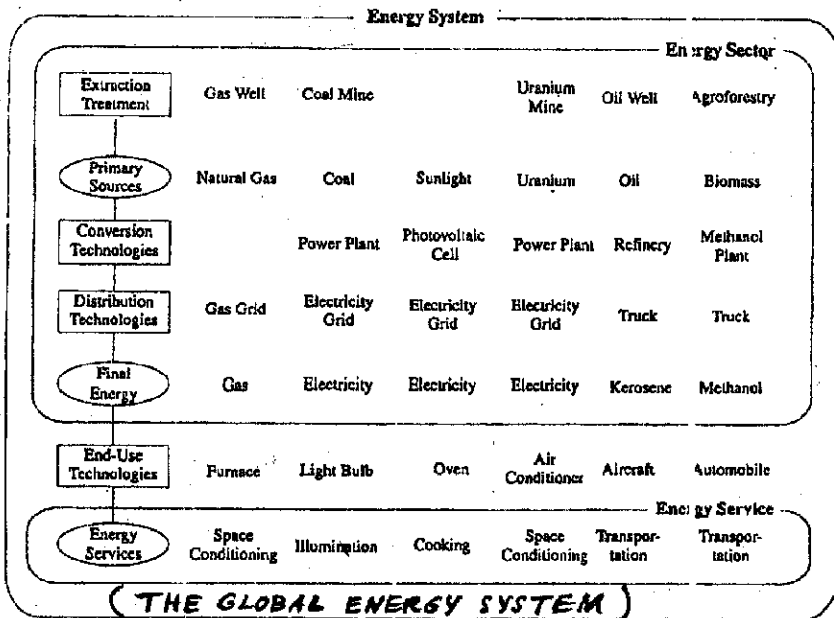
Fig.1 Plan Nacional de U.S.A. para la Investigación del Cambio Global [19]

**Estimated Energy Use Distribution in Developing Countries, Industrial Countries, and the World, 1987**



Source: Reprinted, with permission, from D.O. Hall, F. Rosillo-Calle, R.H. Williams, and J. Woeds, "Biomass for Energy: Supply Prospects," *Renewable Energy: Sources of Fuels and Electricity*, p. 595-1-93. Published by Island Press, Washington, DC, and Covelco, California.

Tomado de: E.D.Larson and R.H Williams  
(1995)



The energy system: schematic diagram with some illustrative examples of the energy sector and energy end-use and services. The energy sector includes energy extraction, treatment, conversion, and distribution of final energy. The list is not exhaustive, and the links shown between stages are not "fixed" (e.g., natural gas is also used to generate electricity, and coal is not used exclusively for electricity generation). Source: Adapted from Rogner, 1994.

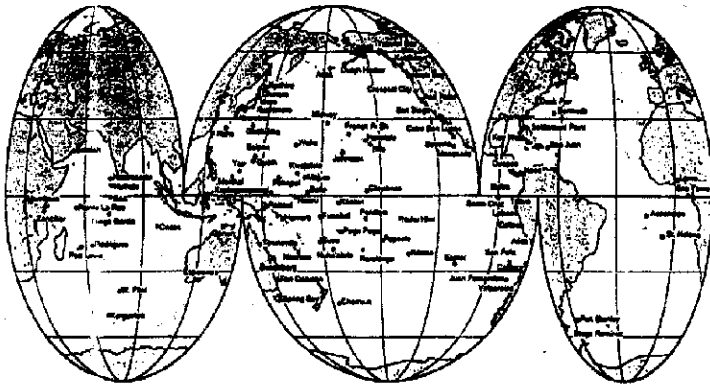
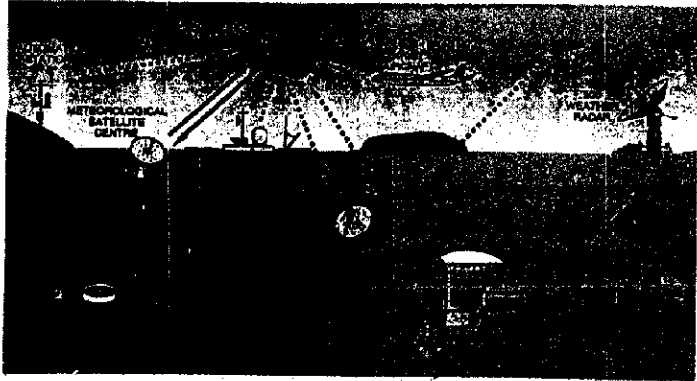
**(DR. CLIMATE CHANGE 1995, IPCC 1996)**

**Fig. 2 Sistema de Energía y sus Usos [20,21]**



# Newsletter

No. 4 November 1995



*Stations contributing to the WOCE "Fast Delivery" Sea Level Center. Stations available as of June 1995.*

International WOCE Newsletter, Number 20, September 1995

**Fig. 3 Cooperación y Comunicación Internacional**



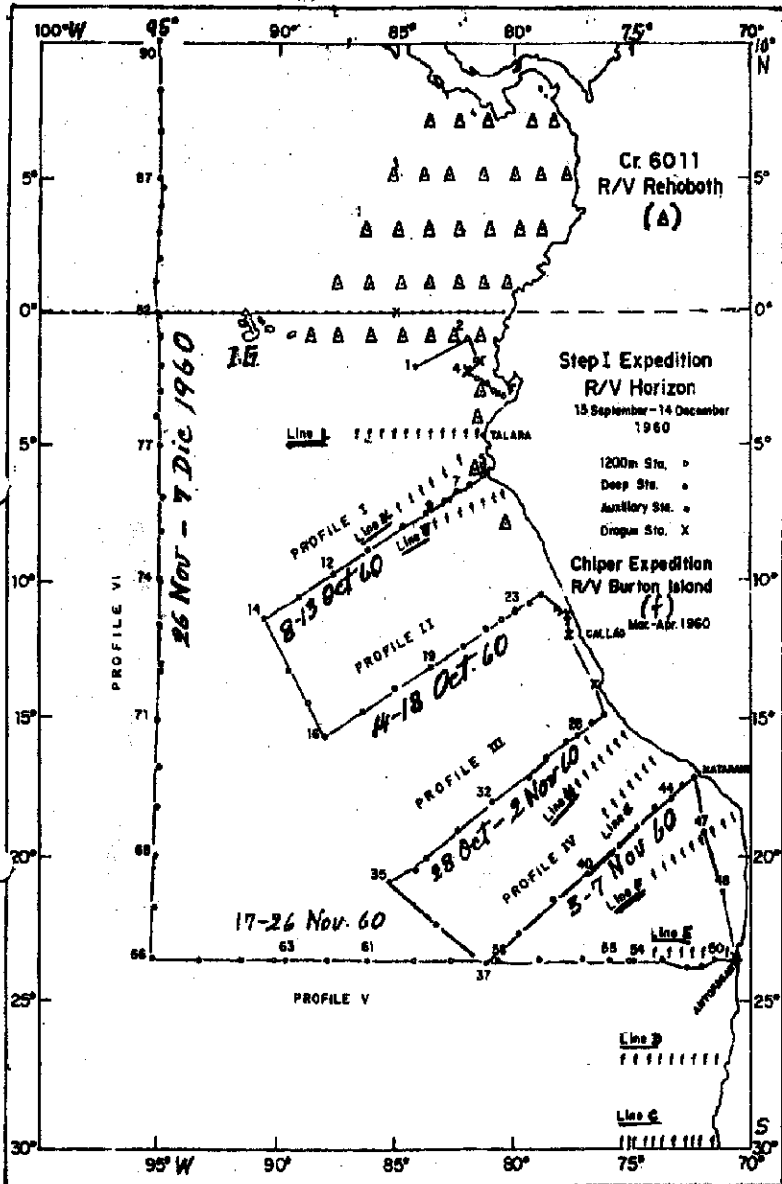


Fig. 4 - Expediciones Oceanográficas de R/V Rehoboth, R/V Horizon y R/V Burton Island en 1960

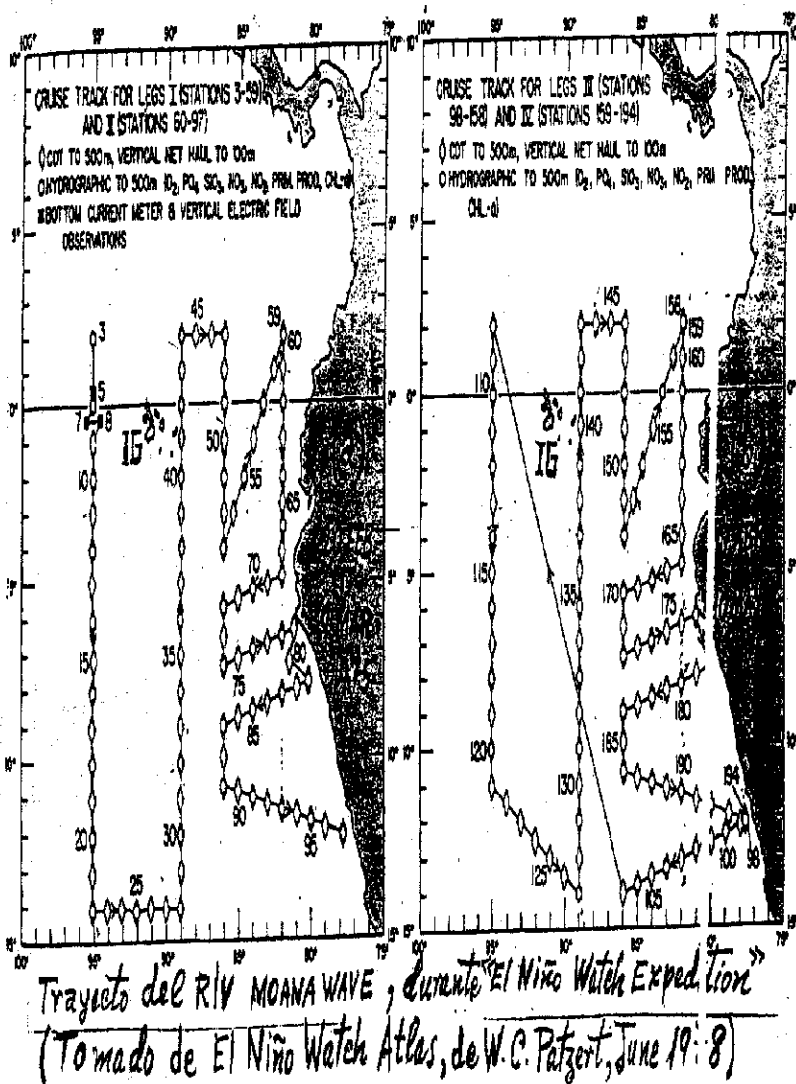


Fig. 5 Trayecto de la Expedición El Niño Watch del R/V Moana Wave, en Feb-Mar y Abr-May 1975 [22]





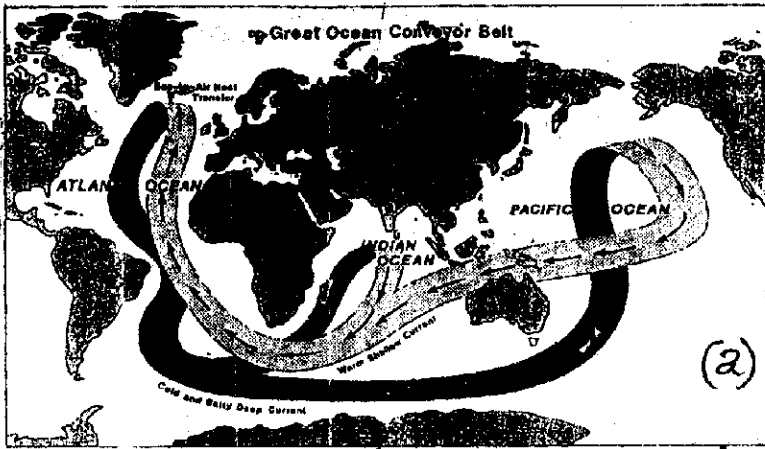
El Perú está frente al Océano Pacífico, el más extenso del globo, y para comprender lo que pasa frente a la costa peruana debemos tener información de todo o buena parte del área del Pacífico, en particular de lo que pasa en el lado occidental, en la parte central y en el lado oriental del Pacífico Tropical (ver áreas marcadas en la Fig.6). Además, los océanos del mundo constituyen una sola unidad, especialmente en lo concerniente a cambios climáticos de décadas a siglos, de modo que por ejemplo, lo que cambia en el Atlántico Norte puede afectar el Pacífico y/o el Índico. Las Fig.7 y 8 dan una idea de esta interdependencia y muestran algunas regiones importantes que están sujetas a estudio especial intensivo.

La Fig.9 muestra la distribución de la salinidad superficial del mar (SSM), uno de los parámetros más importantes del océano, y la distribución aproximada de las zonas climáticas del océano, distribución que podría variar significativamente de producirse cambios climáticos pronunciados en el planeta. En lo que se refiere al Pacífico Sur, el Perú recibe el efecto de las aguas tropicales superficiales (ATS) de muy baja salinidad por el norte; de las aguas subtropicales superficiales (ASS) de alta salinidad frente a gran parte de la costa, y de las aguas templadas (TE) de salinidades moderadamente bajas por el sur. Además, como los demás océanos, el Pacífico está abierto a la influencia de la Antártica y, por lo tanto, el Perú también recibe el efecto de las aguas subpolares (SP) y polares (PO) que rodean a dicho continente frío, llamado el termómetro de la Tierra. Por esta razón, el ECCIP también considera una línea de observaciones entre el Perú y la Antártica, a lo largo

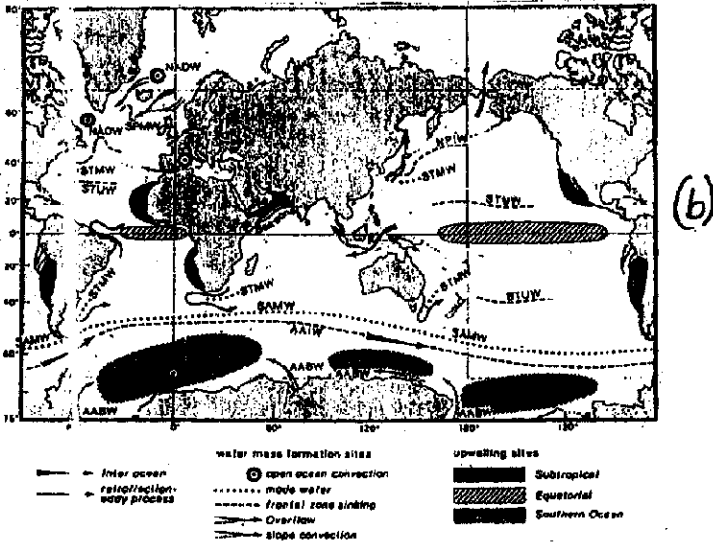
de aproximadamente los 80°W, la cual atraviesa varias zonas de transición, en particular la Convergencia Subtropical (CST), la Convergencia Antártica (CAA) y la Divergencia Antártica (DAA), que son de particular atención del proyecto ECCIP.

En el presente informe de avance se analiza las condiciones sobresalientes del período 1988-96, con atención preferente desde luego al evento, episodio o fenómeno ENSO, cuando se trata de periodos cálidos, o al fenómeno Anti-ENSO, cuando se trata de períodos fríos. Frecuentemente, se habla por separado de las dos componentes del ENSO es decir, de la componente oceánica que es "El Niño", y de la otra componente atmosférica que es la "Oscilación Sur". Además, se han establecido de manera tácita categorías para el ENSO, como el ENSO intenso de 1957-58, el ENSO débil de 1969, el ENSO moderado de 1986-87, el ENSO extraordinario de 1982-83, etc.

Una característica del trabajo del ECCIP es la presentación de los datos en forma de Atlas, buscando las series largas y la calidad de los datos. Desde luego que esto limita la presentación de todos los parámetros deseados y sólo hay que hacer uso de los más esenciales, considerando que el ECCIP tiene 5 componentes: (a) Meteorología, (b) Oceanografía, (c) Hidrología, (d) Observación y modelaje, (e) Impactos socioeconómicos y, es de carácter multidisciplinario. El avance se centra fundamentalmente en los aspectos oceanográficos y meteorológicos, con una ligera referencia a los aspectos hidrológicos y los impactos del ENSO y, el área de principal interés es el Pacífico.



Ocean conveyor belt (after Broecker, 1991). (De CLIMATE CHANGE 1995) IPCC 1996



Location of generation and transformation areas of the major water masses: North Atlantic Deep Water (NADW), Antarctic Bottom Water (AABW), Subtropical Mode Water (SAMW), Subtropical Underwater (STUW), Subpolar Mode Water (SPMW) and North Pacific Intermediate Water (NPIW); also indicated are interocean and intergyre exchange/retroflection regimes. The dashed line in the southern ocean circumpolar belt marks the polar front and the formation region for Antarctic Intermediate water (AAIW). In the regions where STUW forms, it produces the sub-surface salinity maximum.

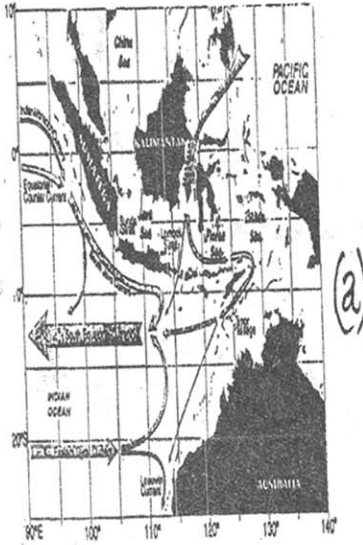
Fig. 7 Aspectos importantes de la Circulación y Masas de Agua de los Océanos [23,24]

The WOCE Indonesian Throughflow Repeat Hydrography Sections: I10 and I16

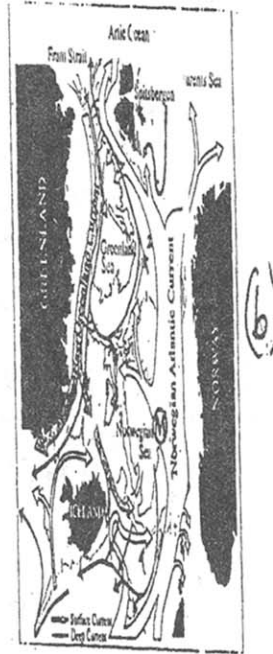
Susan E. Wijffels, CSIRO, Hobart; Nan Bray, SIO; Susan Hameed, University of Washington; Gary Meyers, CSIRO, Hobart; and Werner M.L. Morawitz, SIO, susan.wijffels@ml.csiro.au

Ocean Weather Ship Station M<sup>11</sup> (1°S, 2°E): The Longest Homogeneous Time Series from the Deep Ocean

Svein Østerhus, Nordic WOCE Project Office, Bergen; Tor Gunnelsrud, Bergen; and Reidun Høglund, Geophysical Institute, Bergen, Norway, svein@regn.gi.uib.no



Schematic of the near-surface current systems of the throughflow region.



The main current system (scheme 6) in the Nordic Seas with the position of the weather ship station MIKE. The open hatched arrows indicate the surface current patterns, and the black arrows indicate the deep bottom current.

International WOCE Newsletter, Number 24, October 1996

Fig. 8 Areas Críticas de Observación y Estudio en relación a los Cambios Climáticos de largo plazo [25]

## 2. DATOS E INFORMACIONES

Los datos presentados en forma de productos en las Fig. 9 a la 30, han sido tomados y adaptados de diversas fuentes nacionales e internacionales, y se refieren a las principales variables oceanográficas y meteorológicas que, según el conocimiento actual, tienen una estrecha relación con las variaciones climáticas estacionales e interanuales, particularmente durante las ocurrencias del fenómeno ENSO.

En el aspecto oceanográfico incluimos: a) temperatura superficial del mar (TSM) en series de tiempo (Fig.10 y 12) y en mapas mensuales (Fig 13-17 y 18); b) series de tiempo del nivel medio del mar (Fig. 10); c) estructura térmica de la capa superior del océano en la banda ecuatorial (Fig.19 a,b) y frente a la costa peruana (Fig.20 y 21 a,b); d) distribución patrón de la salinidad superficial del mar (Fig.9) y distribución vertical de la salinidad en la capa de 0-100 m de profundidad frente al Perú (Fig. 21 a,b); e) distribución vertical de los flujos zonales (este, oeste) en la capa de 0-250 m de profundidad de la banda ecuatorial (Fig.22).

En el aspecto meteorológico incluimos de manera preferente: a) presión atmosférica a nivel del mar (PNM) en series de tiempo (Fig.11 a,b) y b) patrones del viento superficial (Fig.28) Como complemento o síntesis del monitoreo global del planeta Tierra incluimos las Fig. 29 y 30. La Fig. 29 muestra las anomalías de la temperatura superficial del aire (TSA) y de las precipitaciones en el año 1996, señalando lugares cálidos y fríos, así como lugares secos y húmedos de los continentes. La Fig. 30 muestra en (a) el calentamiento global

progresivo desde la década del ochenta, y en (b) las anomalías y eventos meteorológicos e hidrológicos de 1995.

En un trabajo posterior incluiremos en el análisis mapas mensuales de precipitaciones, vientos superficiales, corrientes marinas superficiales, etc., para una mayor apreciación del sistema acoplado océano-atmósfera-continente.

## 3. RESULTADOS Y DISCUSION

En esta parte queremos referirnos de manera un tanto sumaria a los aspectos más saltantes revelados en análisis previos. Para el estudio y monitoreo sistemáticos de una parte importante del Pacífico es esencial estar plenamente metidos en los programas internacionales que existen [4],[5],[6],[7],[8]. Las informaciones mostradas son más abundantes para los años 1995 y 1996, especialmente para este último.

El ECCIP se propuso analizar las condiciones climáticas dominantes frente al Perú desde 1988, es decir, lo que viene después del ENSO moderado de 1986-87. Los avances se hicieron año a año, a partir de 1991, y a continuación se tiene la secuencia de periodos fríos y cálidos desde 1988 hasta 1996, dominados por los fenómenos ENSO y Anti-ENSO que se vuelven espectaculares en el Pacífico Oriental Tropical (POT) y son de gran impacto socioeconómico para el Perú y otros lugares del mundo, aunque en el estudio más nos referimos a la costa peruana.

Cartografía Em. de Reg. 444 de Navarra

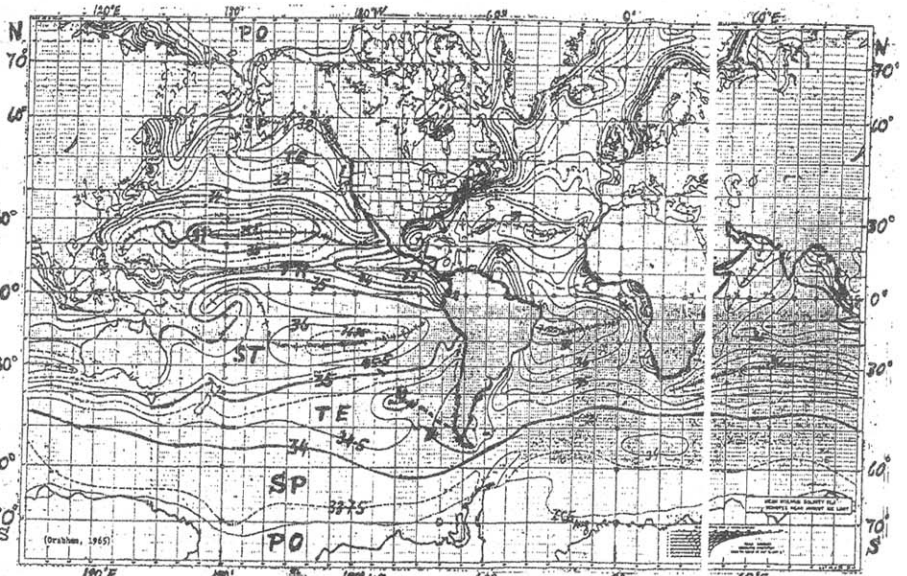
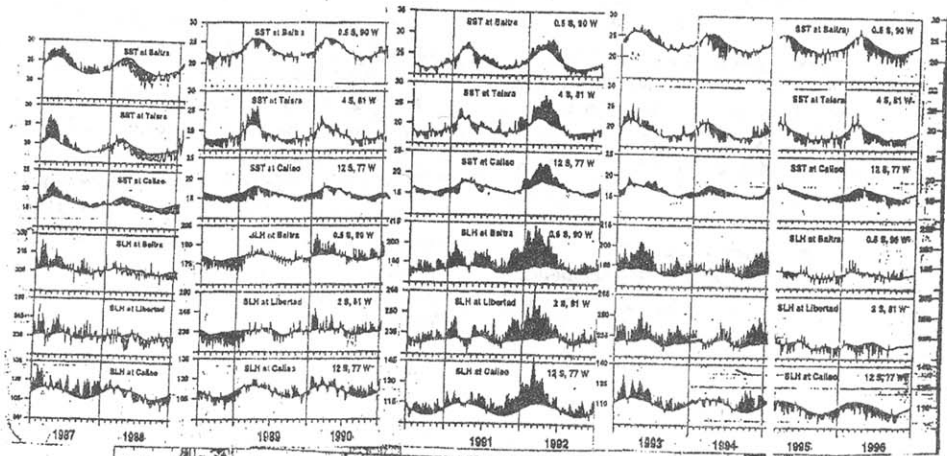


FIG. 9.-SALINIDAD MEDIA MÁXIMA (‰) EN LA SUPERFICIE DEL MAR, Y ZONAS CLIMÁTICAS DEL OCEANO: Polar (PO), Subpolar (SP), Templada (TE), Subtropical (ST) y Tropical (TR), (adaptado de U.S. Naval Oceanographic Office, 1964)



Sea-Surface Temperature and Sea Level From Eastern Pacific GOES Stations  
 - David B. Enfield, NOAA/AOML, 4301 Rickenbacker Cswy, Miami FL 33149, USA  
 Instituto Oceanográfico de la Armada, Guayaquil, ECUADOR  
 Dirección de Hidrografía y Navegación de la Marina, Callao, PERU  
 (Adaptado de NOAA/CDB)

Fig. 10 Series de Tiempo de la temperatura superficial del mar (ISM) y del nivel medio del mar (NMM) en estaciones fijas indicadas en el gráfico.

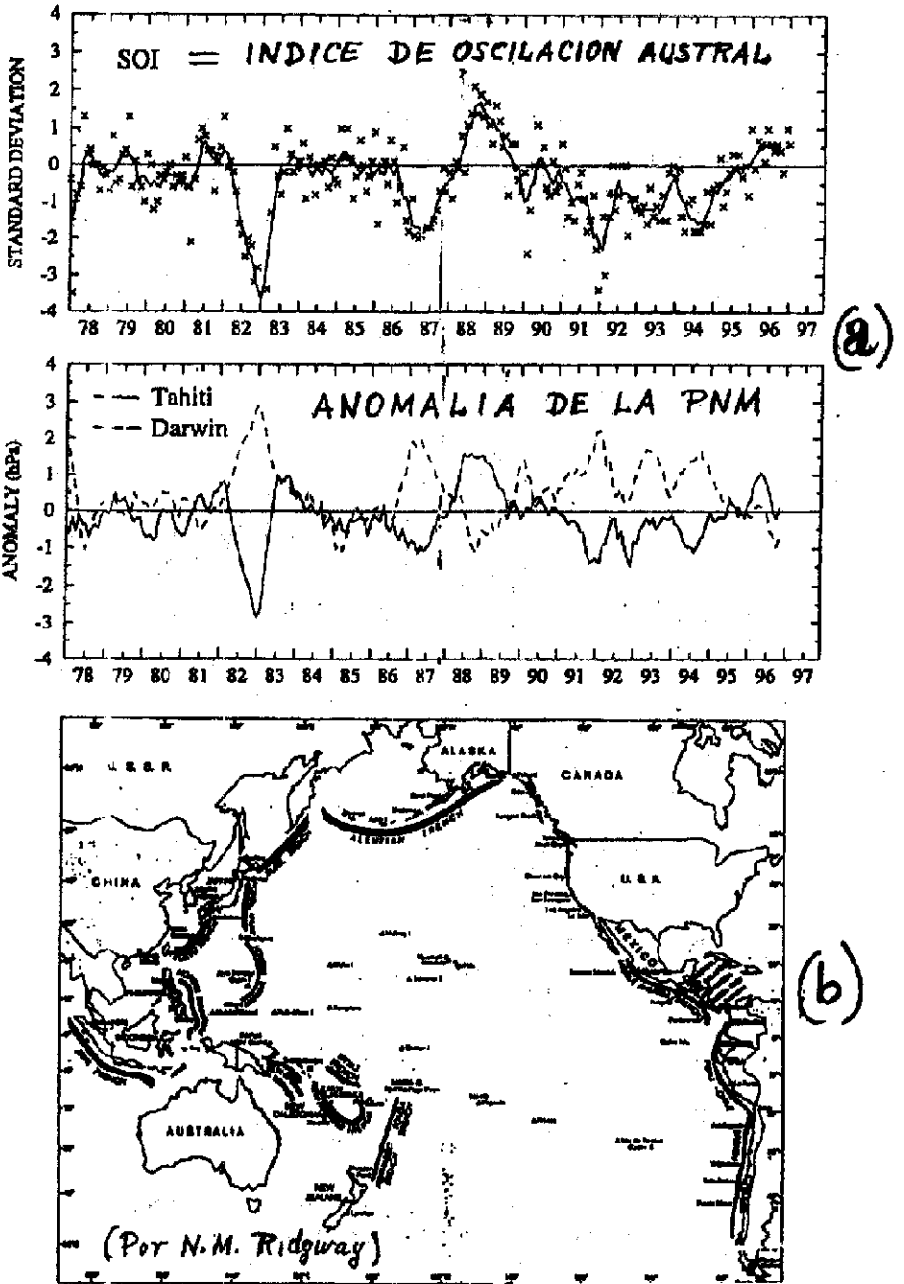


Fig. 11 Sistema Internacional de Alerta de Tsunamis (b) y Anomalías de la PNM en Tahití y Darwin (a)

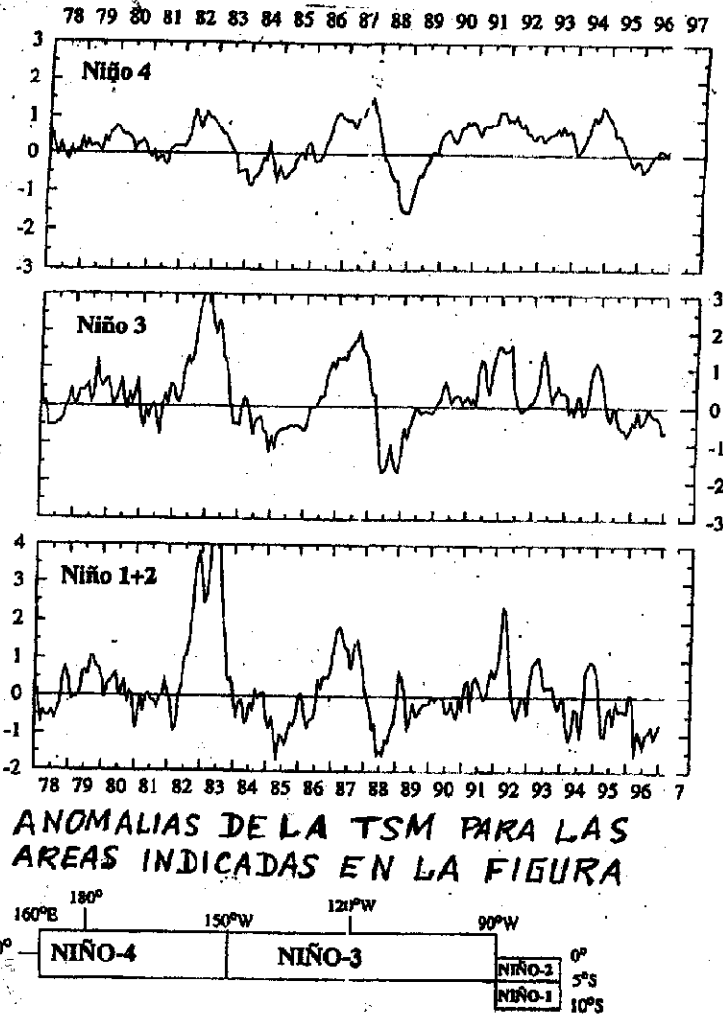
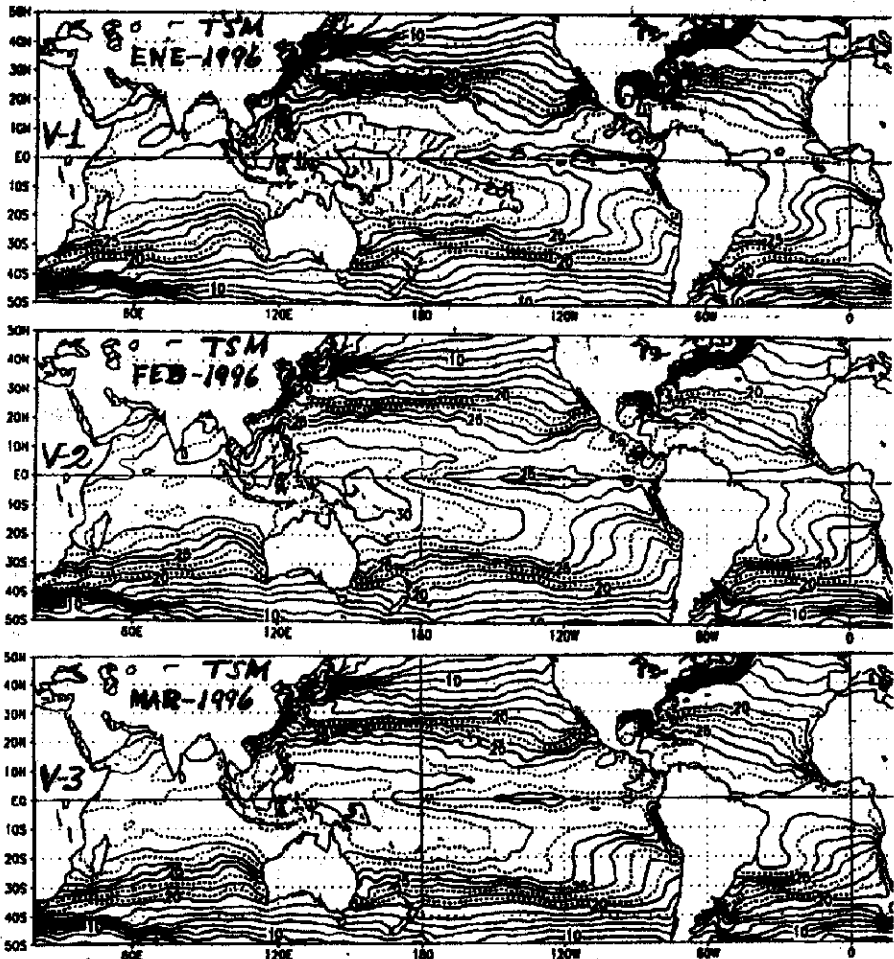


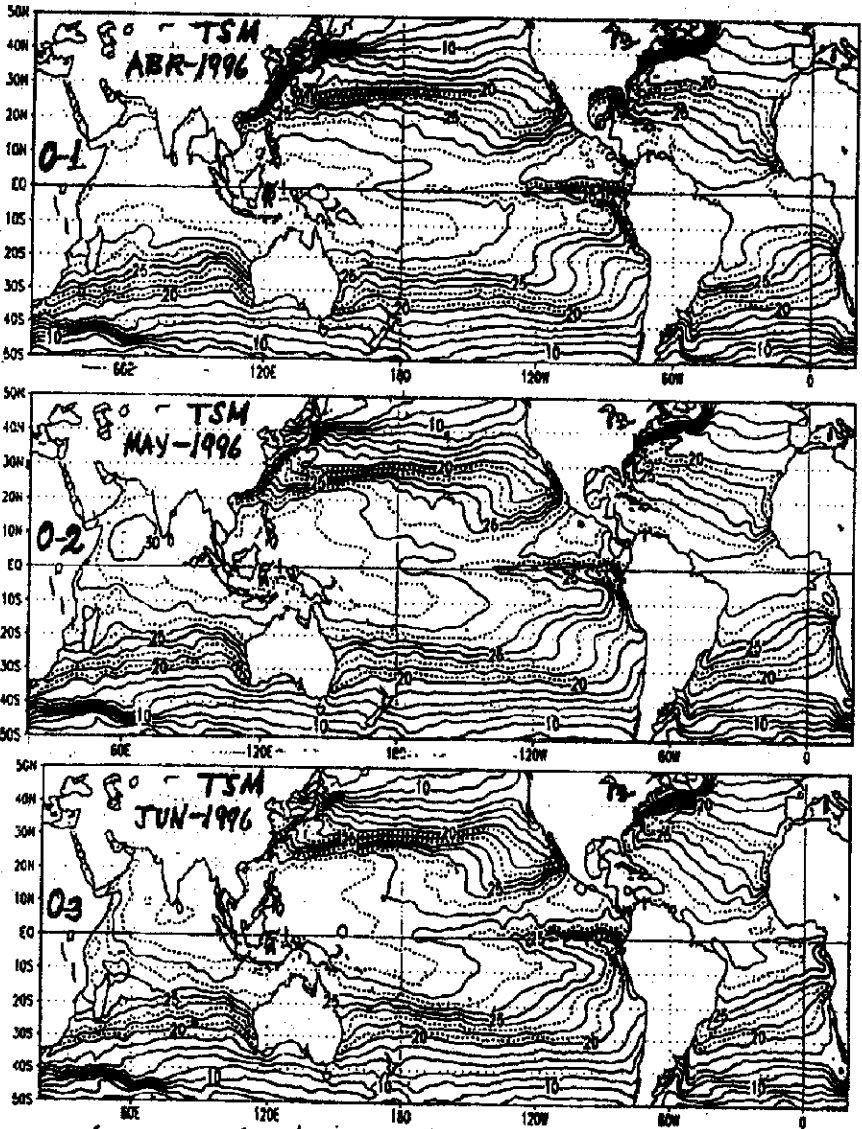
Fig 12 Series de Tiempo de las ATSM en tres áreas "El Niño" del Pacifico ecuatorial, periodo 1978-96.





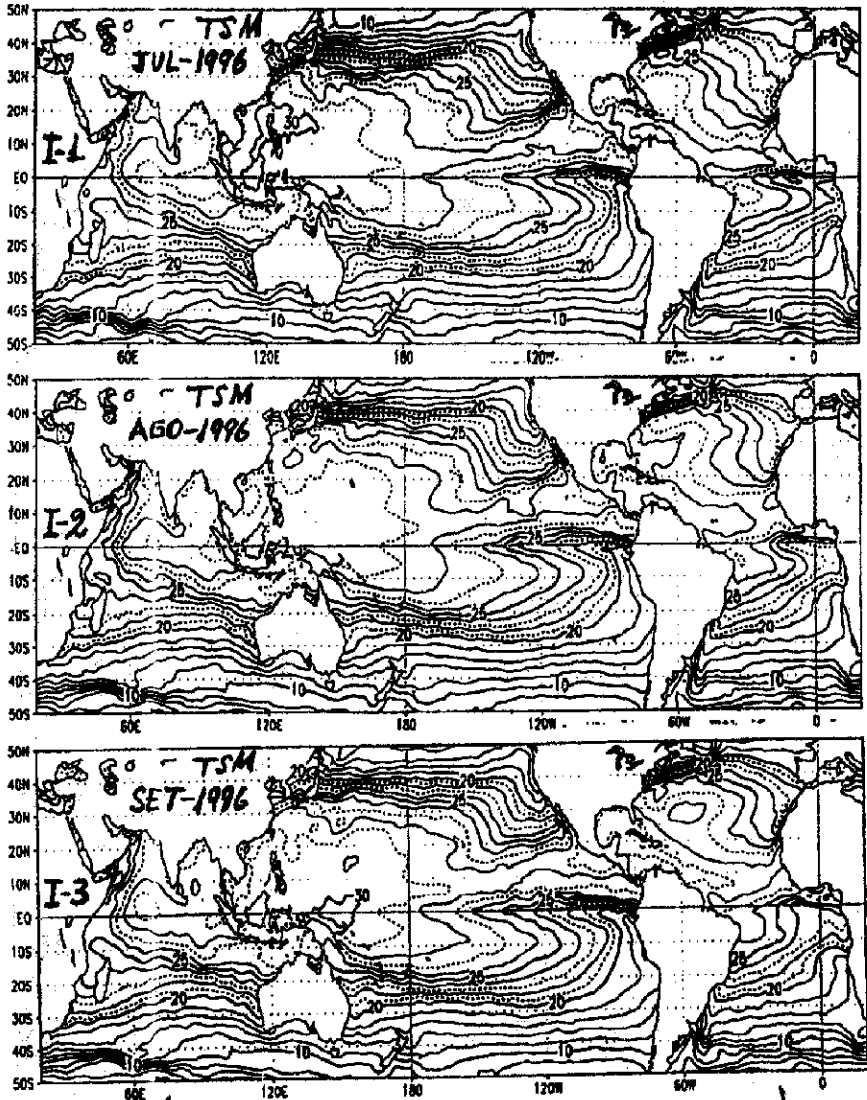
(Adaptado de CDB/NOAA - 1996, USA)

Fig. 13 Mapas de TSM (c) en Ene-Feb-Mar. 1996  
(Verano del H.S.).



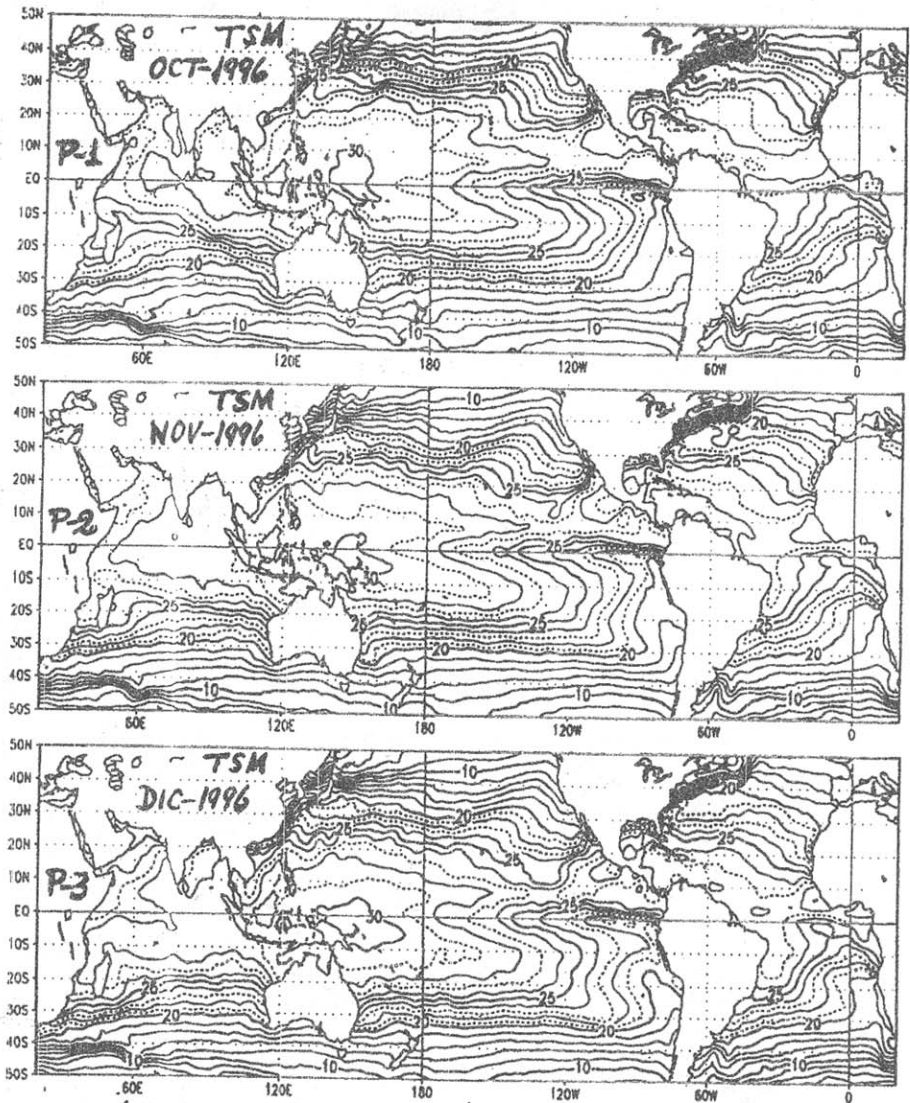
*(Adaptado de CDB/NOAA-1996, USA)*

Fig. 14 Mapas de TSM (°C) en Abr-May-Jun. 1996  
(Otoño del H.S.).



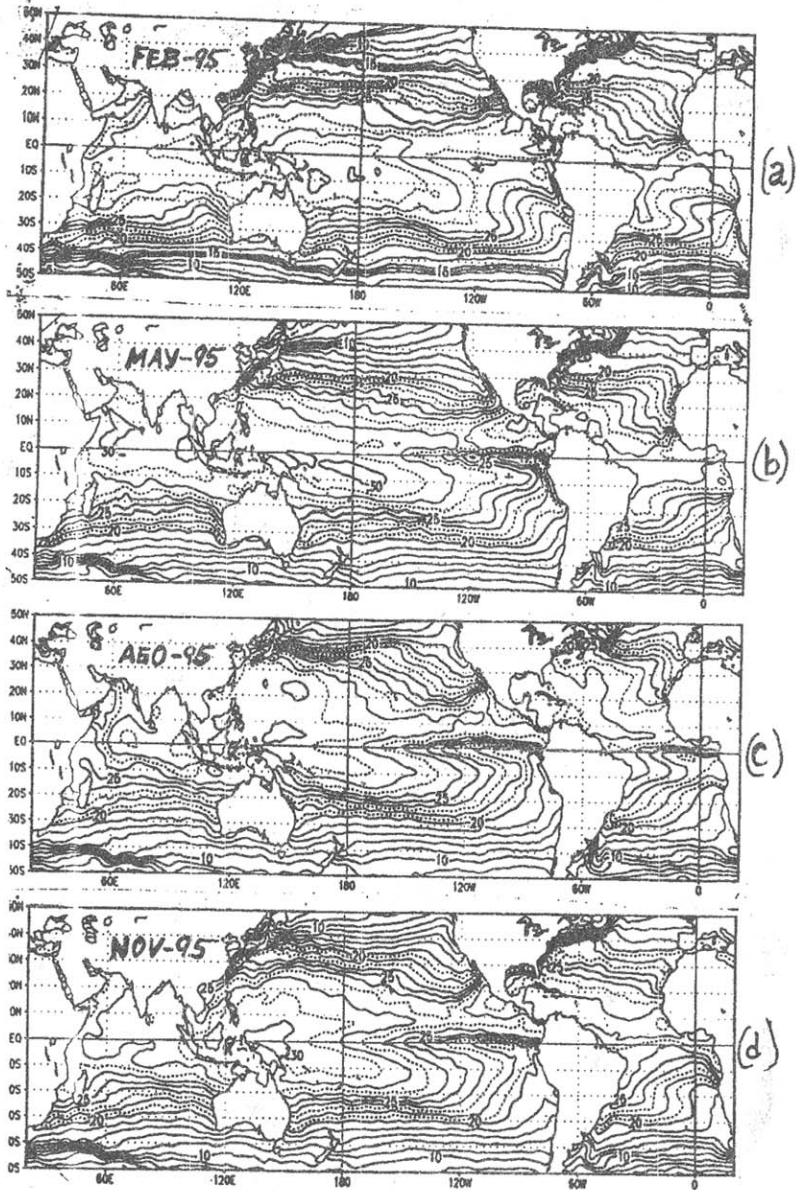
*(Adaptado de CDB/NOAA, USA, 1996)*

**Fig. 15** Mapas de TSM (°C) en Jul-Ago-Set. 1996  
(Invierno del H.S.).



(Adaptado de CDB/NOAA-1996, USA)

Fig. 16 Mapas de TSM (°C) en Oct-Nov-Dic. 1996  
(Primavera H.S.).



(Adaptado de CDB/NOAA-1995, USA)

Fig. 17 MvQps dñ TSM (°V) ñHdñb-Mv -At' -N' v\_a1995  
 (Correspondientes al Verano, Otoño, Invierno, Primavera H.S.).

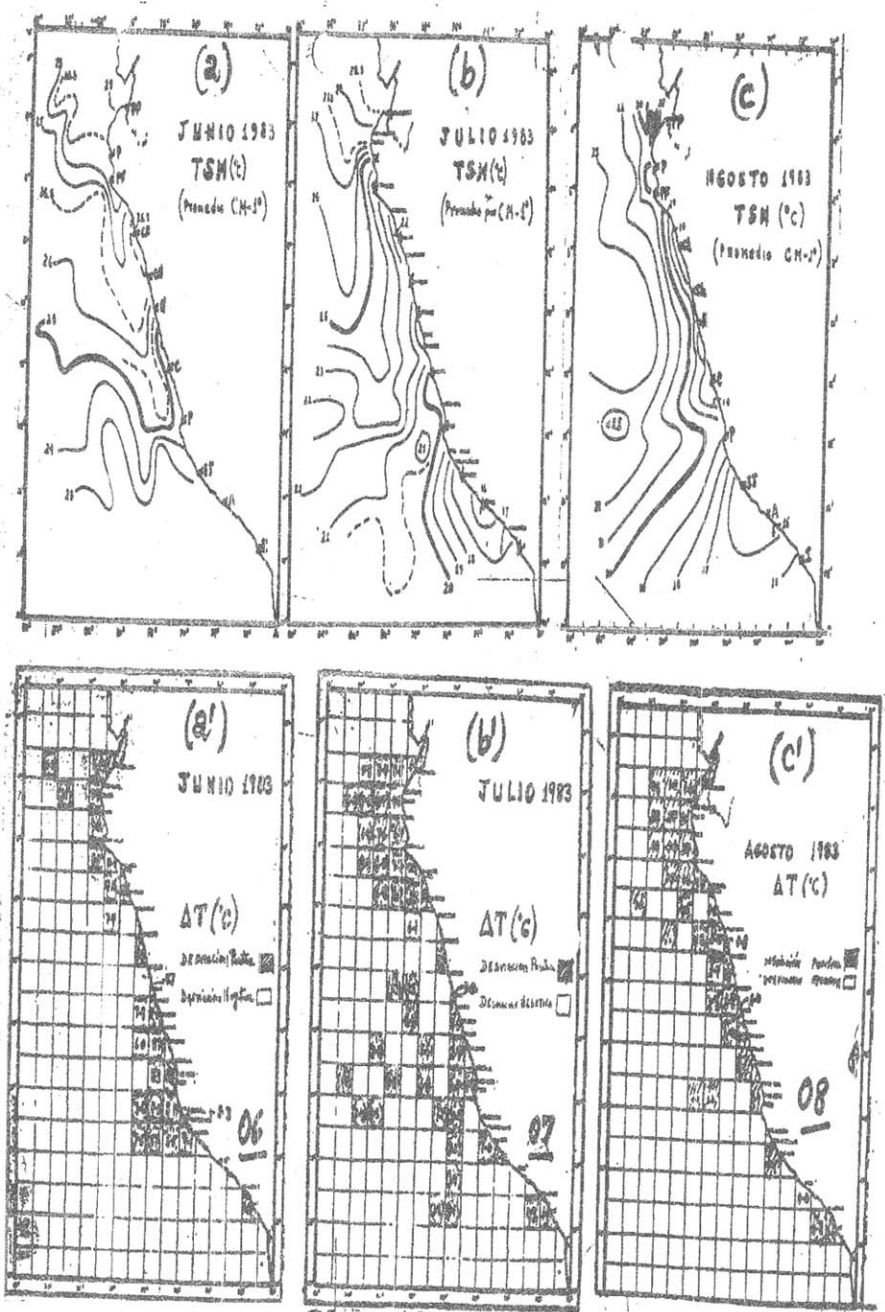


Fig. 18 TSM (a,b,c) y ATSM (a',b',c') en Junio, Julio y Agosto de 1983.

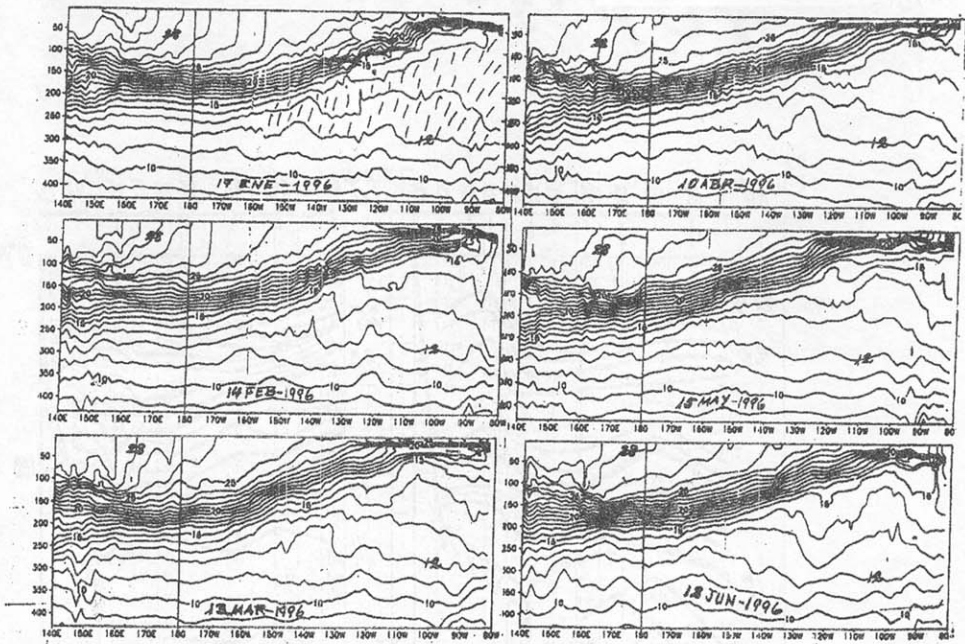


Fig. 19a.- Secciones de temperatura del mar en la Línea Ecuatorial del Pacífico, del 17 Ene, 14 Feb, 13 Mar, 10 Abr, 15 May y 12 Jun de 1996.

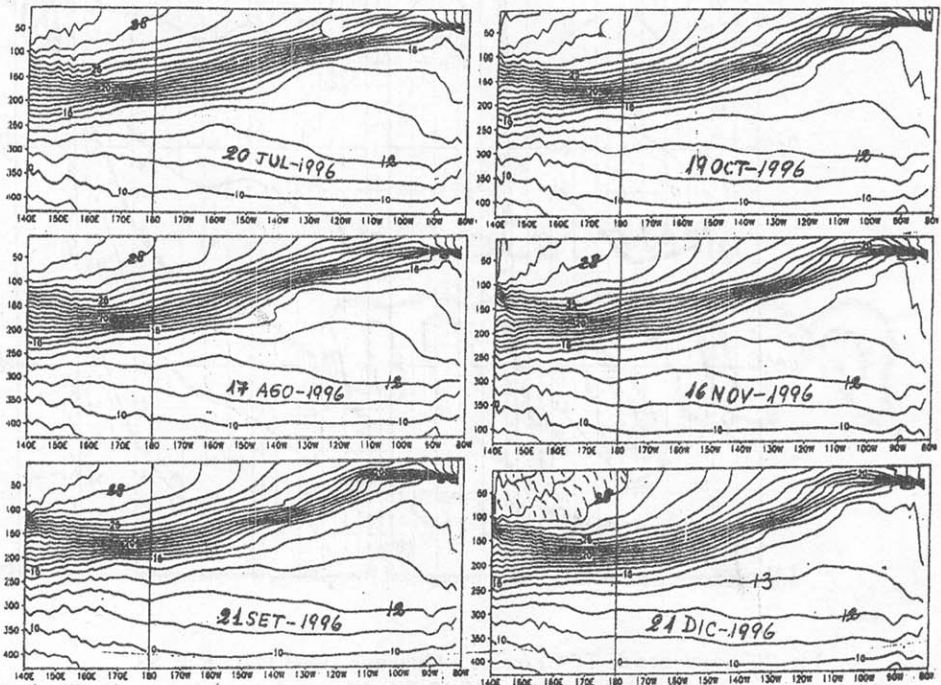


Fig. 19b.- Secciones de temperatura del mar en la Línea Ecuatorial del Pacífico, del 20 Jul, 17 Ago, 21 Set, 19 Oct, 16 Dic y 21 Dic de 1996.

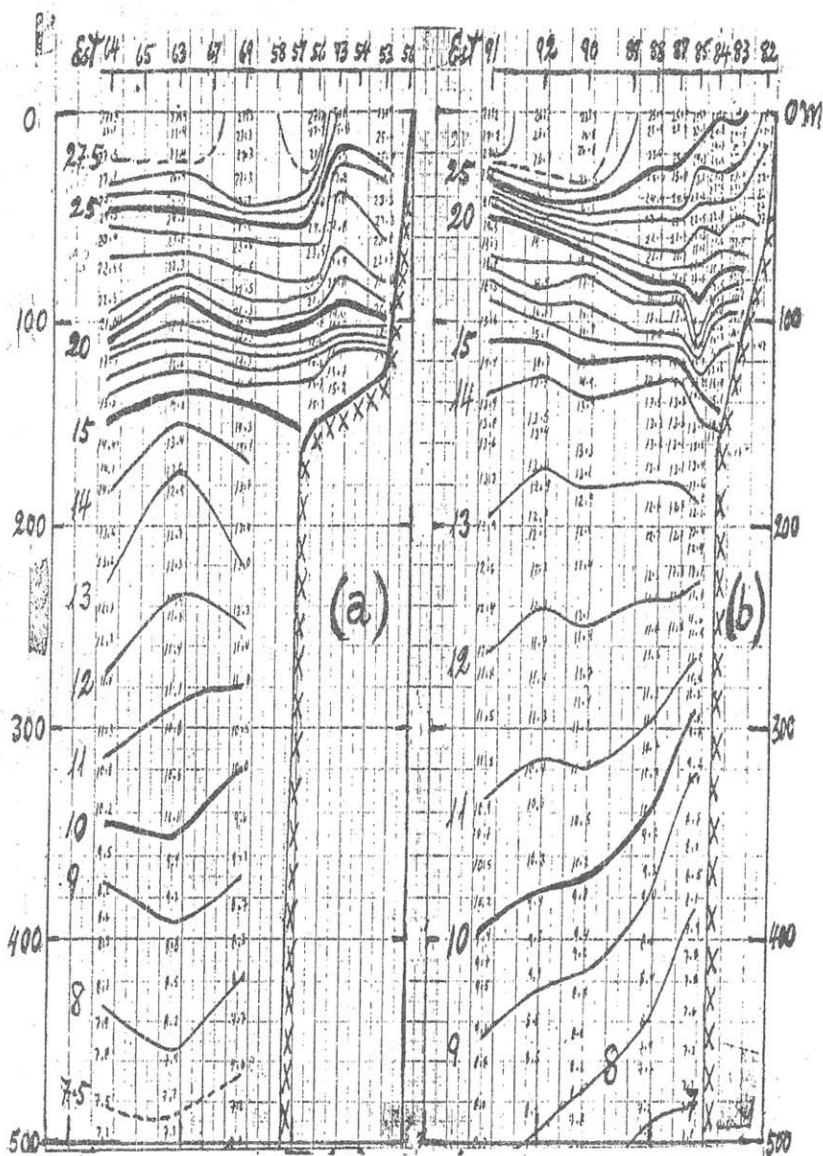
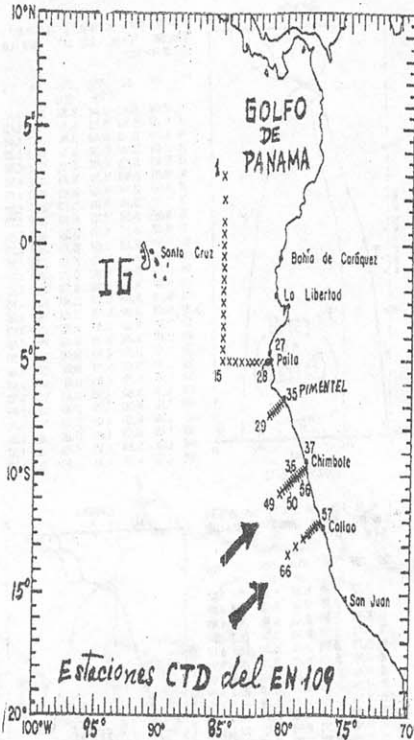


Fig. 20 Secciones de T(°C) frente a Huarney (a) el 14-17 Feb. 83 y frente al Callao (b) el 18-19 Feb. 83, con datos del R/V WECOMA (USA).





*Cruceiro del R/V ENDEAVOR, EN 109  
del 15-28 Noviembre 1983:  
Observaciones CTD.  
(Tomado de J. Fleischbein, A.  
Huyer, R.E. Schramm y R.L. Smith, 1987)*

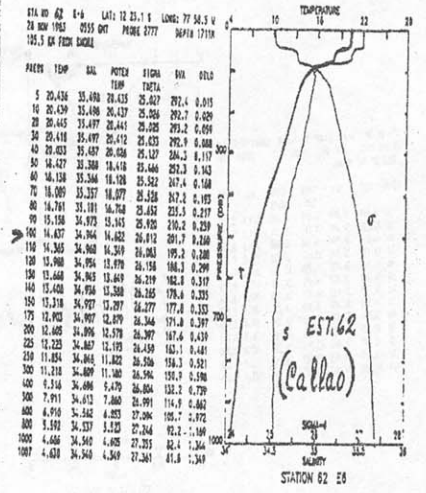
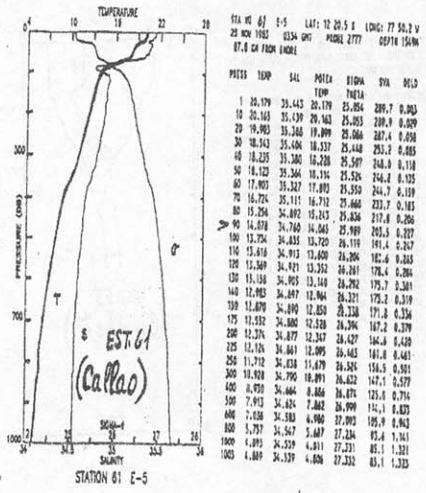
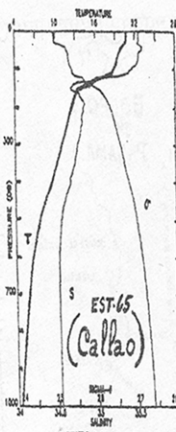
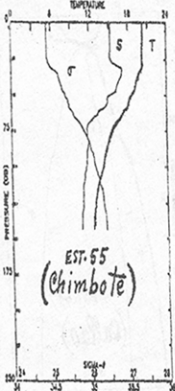


Fig. 21a.- Distribución Vertical de Temperatura (T), Salinidad (S) y Densidad ( $\sigma$ ) en lugares seleccionados de Chimbote y Callao, de Nov. 83.

STATION 55 D-5  
 23 NOV 1965 0420 GMT  
 11.1 OF FREN SCALE

PRES	TEMP	REL	WIND	WIND	WIND	WIND	WIND
hPa	TEMP	hPa	TEMP	hPa	TEMP	hPa	TEMP
1	15.296	25.278	25.298	24.866	266.7	0.003	
10	15.299	25.278	25.288	25.289	256.3	0.008	
20	15.303	25.272	25.281	25.182	246.9	0.001	
30	20.587	25.294	20.282	14.490	296.4	0.001	
40	18.214	25.288	19.268	15.224	274.4	0.118	
50	18.207	25.285	18.289	25.270	260.0	0.164	
60	17.517	25.150	17.557	25.119	248.4	0.172	
70	15.890	24.900	15.879	23.317	224.4	0.195	
80	14.976	24.916	14.964	21.962	205.4	0.217	
90	14.295	24.960	14.282	20.680	186.4	0.237	
100	14.423	24.925	14.618	21.619	168.3	0.254	
110	13.642	24.926	13.627	20.216	139.4	0.274	
120	12.856	24.912	12.861	20.237	117.1	0.282	
130	12.721	24.990	12.883	24.279	101.0	0.289	
140	12.815	24.990	12.876	24.622	86.3	0.285	
143	12.877	24.889	12.856	24.615	84.5	0.256	

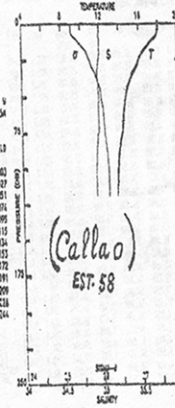


STATION 65 E-10  
 28 NOV 1965 1519 GMT  
 23.4 OF FREN SCALE

PRES	TEMP	REL	WIND	WIND	WIND	WIND
hPa	TEMP	hPa	TEMP	hPa	TEMP	hPa
1	20.864	25.242	20.844	24.950	299.5	0.013
10	19.797	25.242	20.793	24.899	297.7	0.020
20	20.744	25.248	20.742	24.958	297.5	0.060
30	20.694	25.242	20.690	24.911	294.9	0.209
40	20.862	25.276	20.858	25.195	277.8	0.118
50	19.715	25.283	19.706	25.285	268.4	0.153
60	19.448	25.244	19.437	25.239	266.1	0.172
70	19.097	25.262	19.286	25.218	265.4	0.199
80	19.237	25.252	19.232	25.247	266.9	0.225
90	19.188	25.259	19.171	25.262	262.1	0.251
100	18.869	25.429	18.852	25.411	259.5	0.278
110	18.403	25.419	18.403	25.431	257.9	0.283
120	17.716	25.216	17.696	25.215	255.5	0.279
130	14.021	24.943	14.000	25.790	226.1	0.231
140	14.428	24.718	14.287	25.911	212.4	0.175
143	13.929	24.697	13.999	26.250	198.4	0.295
150	13.071	24.800	12.857	26.272	179.8	0.412
200	12.590	24.855	12.572	26.266	175.5	0.486
225	12.123	24.832	12.091	26.442	163.8	0.537
240	11.791	24.822	11.708	26.477	159.1	0.548
260	11.902	24.775	10.963	26.481	149.2	0.645
280	11.388	24.682	6.263	26.415	121.9	0.785
300	7.553	24.845	7.503	27.006	112.3	0.926
400	4.466	24.535	4.430	27.129	101.8	1.213
600	3.228	24.329	3.161	27.283	84.8	1.291
1000	4.428	24.339	4.321	27.266	78.9	1.187
1011	4.268	24.339	4.269	27.287	78.1	1.139

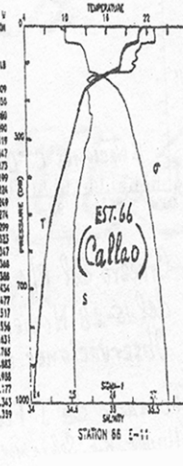
STATION 58 E-2  
 27 NOV 1965 2200 GMT  
 32.4 OF FREN SCALE

PRES	TEMP	REL	WIND	WIND	WIND	WIND
hPa	TEMP	hPa	TEMP	hPa	TEMP	hPa
1	18.029	25.020	18.029	25.265	297.8	0.003
10	17.574	24.999	17.572	25.276	297.3	0.027
20	16.241	24.996	16.238	25.269	274.8	0.021
30	12.812	24.876	12.807	25.218	218.3	0.014
40	14.264	24.879	14.260	25.266	204.0	0.005
50	14.466	24.988	14.459	25.258	197.4	0.115
60	14.265	24.910	14.276	24.999	182.4	0.134
70	14.210	24.989	14.200	24.910	166.9	0.152
80	14.479	24.879	14.468	24.950	157.9	0.172
90	13.843	24.853	13.832	24.989	146.5	0.191
100	13.725	24.816	13.719	24.927	132.3	0.209
110	13.889	24.815	13.875	24.774	122.7	0.228
119	13.890	24.815	13.871	24.714	121.2	0.244



STATION 66 E-11  
 28 NOV 1965 1944 GMT  
 310.2 OF FREN SCALE

PRES	TEMP	REL	WIND	WIND	WIND	WIND
hPa	TEMP	hPa	TEMP	hPa	TEMP	hPa
3	21.253	25.689	21.237	26.000	305.4	0.209
10	20.889	25.587	20.867	24.973	297.8	0.056
20	20.682	25.597	20.623	24.996	295.9	0.060
30	20.811	25.599	20.808	25.024	295.9	0.090
40	20.779	25.595	20.764	25.209	295.0	0.119
50	18.879	25.480	18.870	25.217	282.7	0.167
60	18.663	25.411	18.651	25.425	256.4	0.173
70	18.224	25.268	18.241	25.469	252.8	0.199
80	18.288	25.260	18.276	25.485	251.7	0.226
90	18.228	25.266	18.187	25.566	250.0	0.269
100	17.865	25.253	17.864	25.517	248.7	0.274
110	17.954	25.225	17.928	25.546	244.4	0.299
120	17.753	25.209	17.725	25.539	245.9	0.323
130	15.563	24.962	15.562	25.498	222.2	0.317
140	14.143	24.776	14.145	25.385	205.0	0.368
150	13.890	24.783	13.869	26.090	195.4	0.388
157	13.582	24.763	13.559	26.299	179.2	0.410
200	12.268	24.774	12.260	26.414	163.7	0.477
225	11.511	24.771	11.522	26.594	157.7	0.517
250	11.243	24.799	11.212	26.563	152.7	0.556
300	10.594	24.753	10.538	26.464	145.9	0.631
400	8.956	24.653	8.863	26.879	128.0	0.765
500	7.475	24.577	7.421	27.057	111.0	0.883
600	6.943	24.521	6.887	27.136	101.2	0.958
800	5.329	24.532	5.142	27.287	87.7	1.177
1000	4.718	24.343	4.299	27.387	78.8	1.243
1011	4.268	24.343	4.264	27.384	78.2	1.139



(Tomado de Fleischbein et al, 1987)

Fig. 21 Distribución Vertical de T, S, sigma (idem. al 21 a)

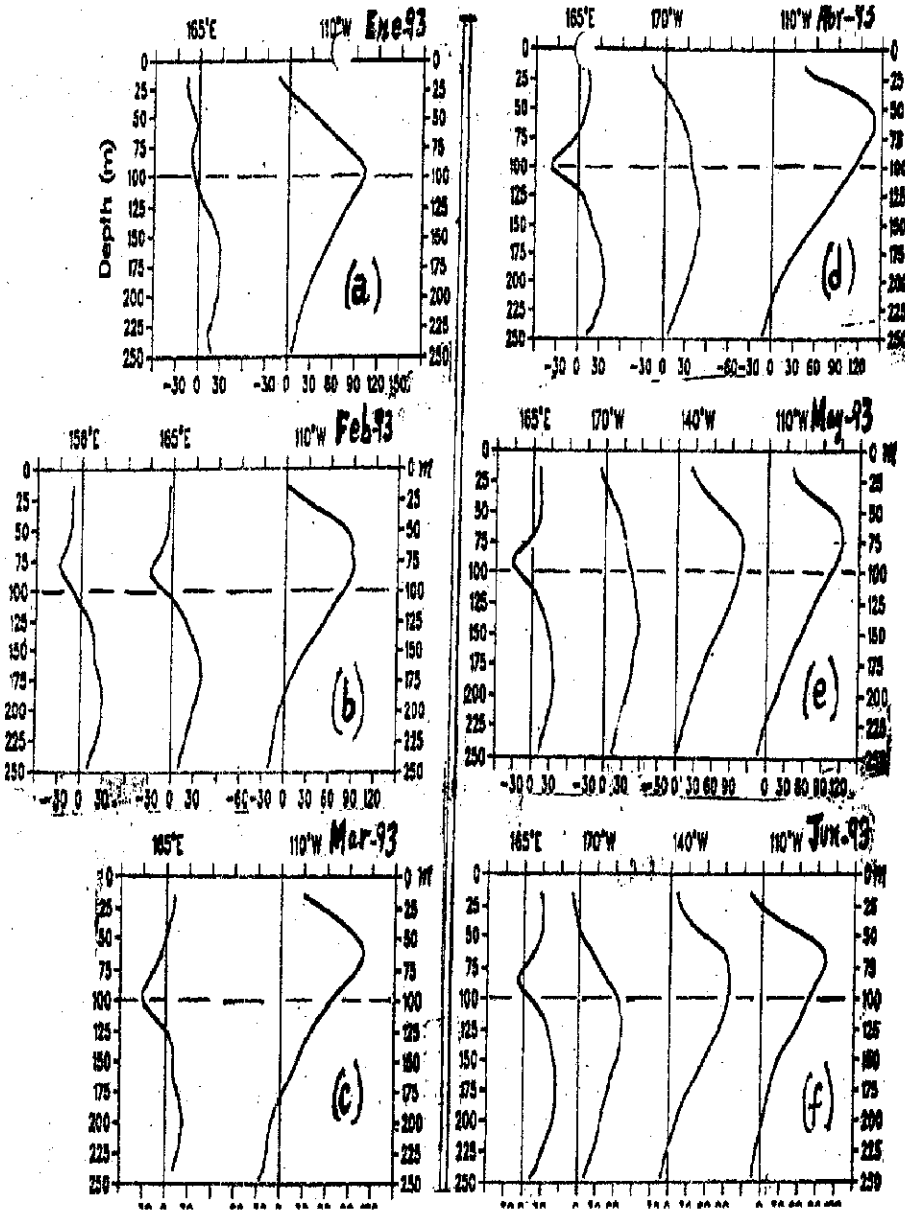


Fig. 22 Promedios Mensuales de perfiles Verticales de Corrientes Zonales del Pacifico Ecuatorial en los meses de Enero a Junio de 1993 (Adaptado de CDB/NOAA, 1993).

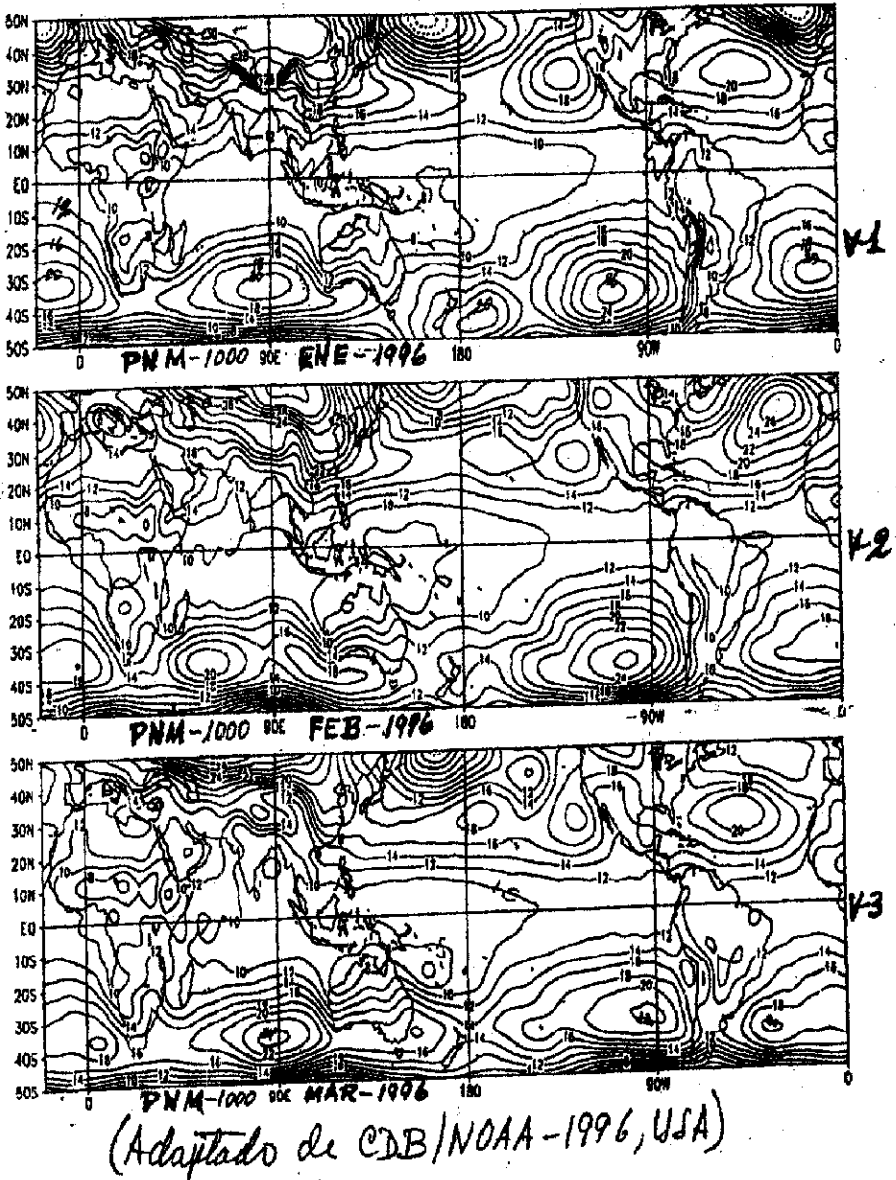


Fig. 23 Mapas de PNM (hPa-1000) en Ene-Feb-Mar. 1996 (Verano del H.S.).

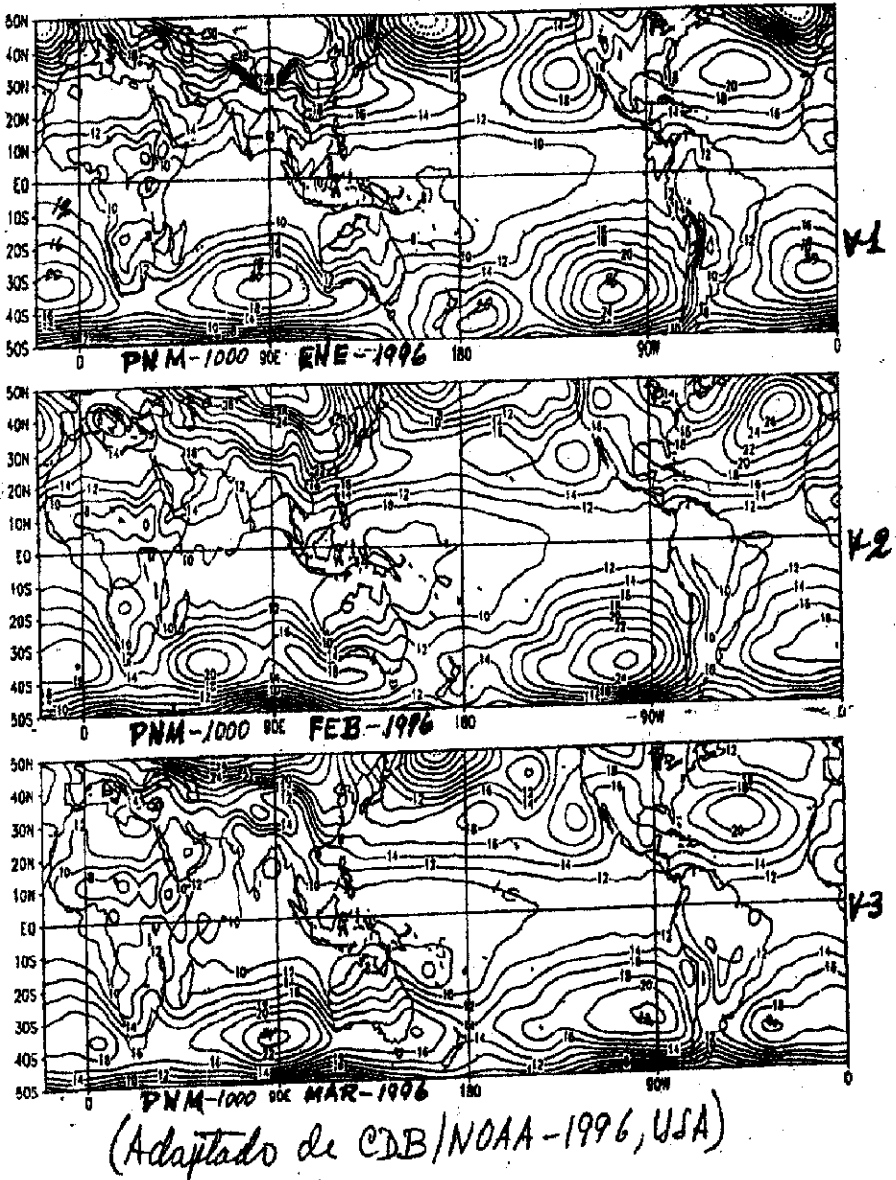


Fig. 23 Mapas de PNM (hPa-1000) en Ene-Feb-Mar. 1996  
(Verano del H.S.).

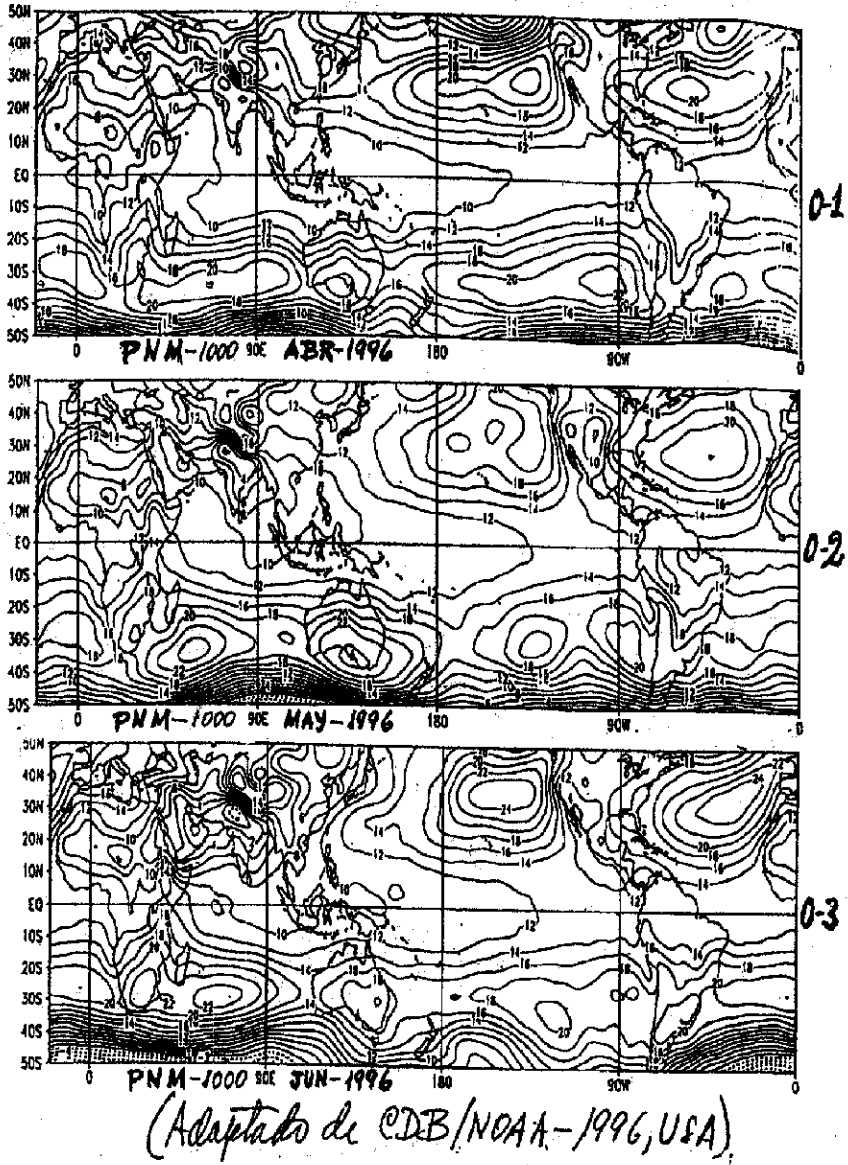


Fig. 24 Mapas de PNM (hPa-1000) en Abr-May-Jun. 1996  
(Otoño del H.S.).

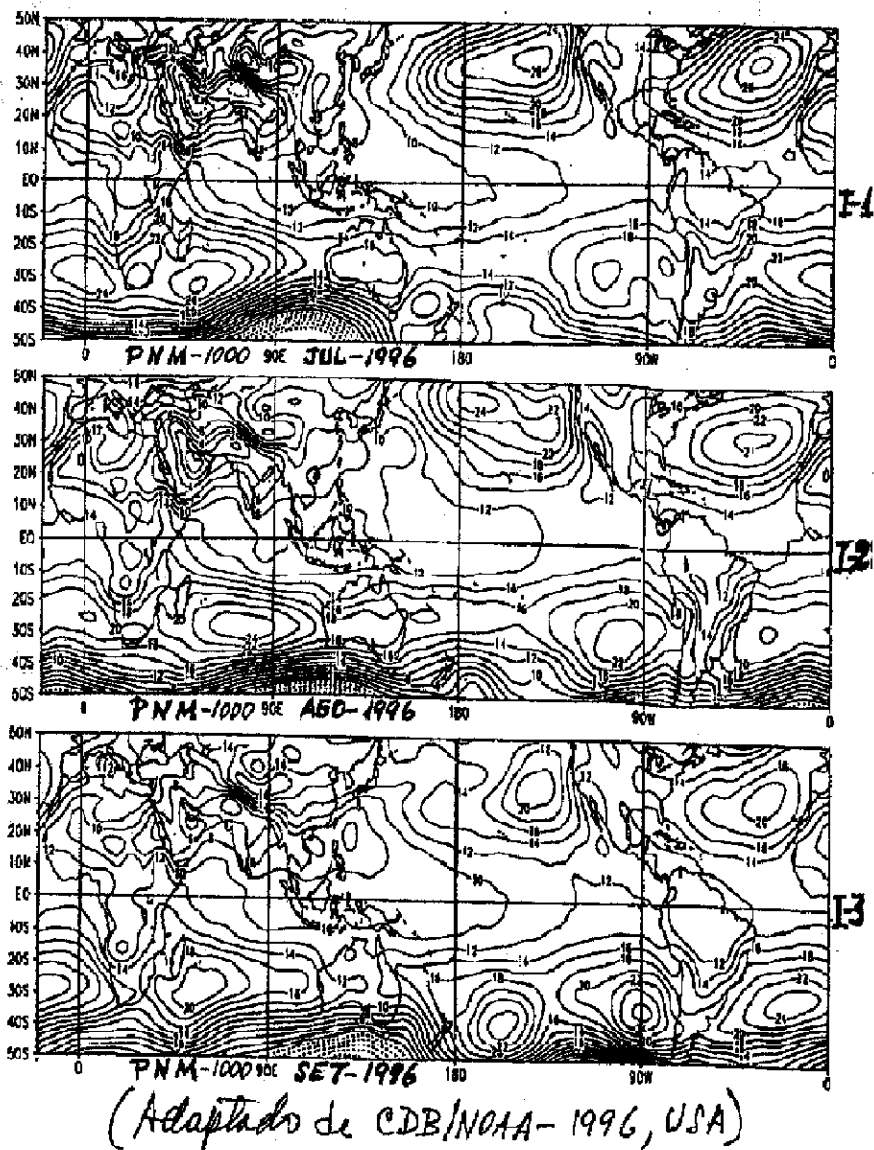


Fig. 24 Mapas de PNM (hPa-1000) en Jul-Ago-Set. 1996  
(Invierno del H.S.).

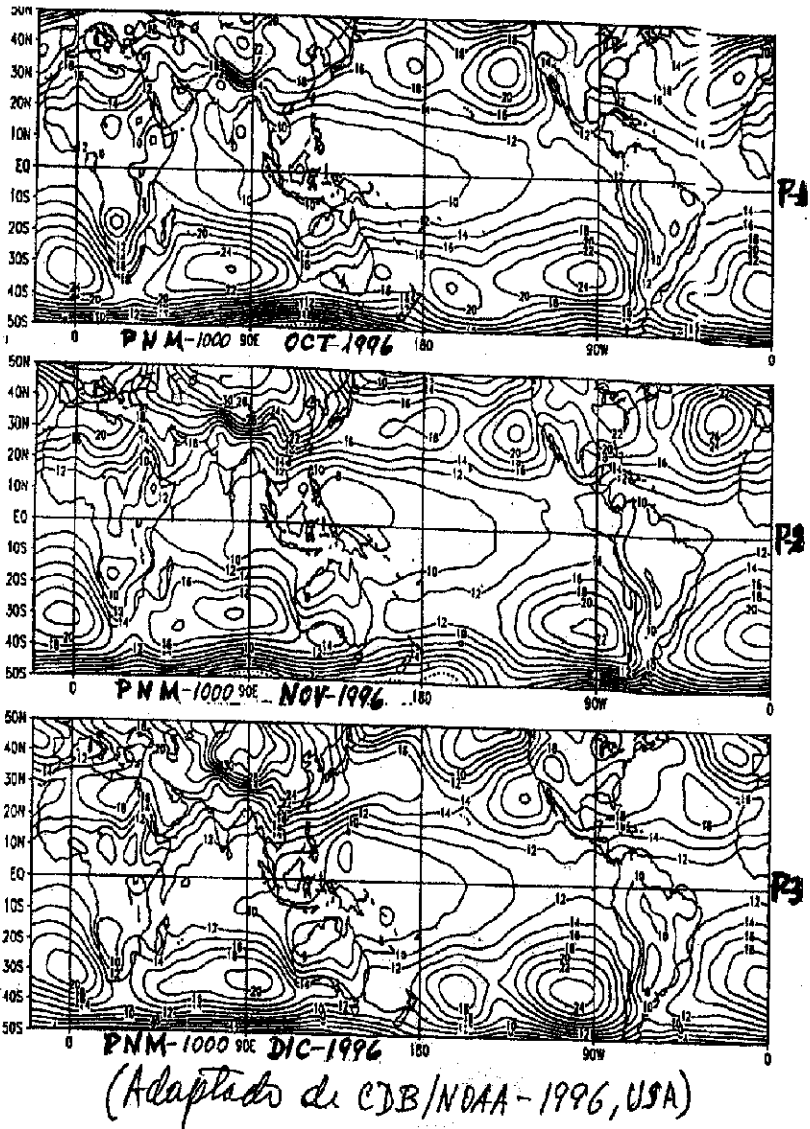
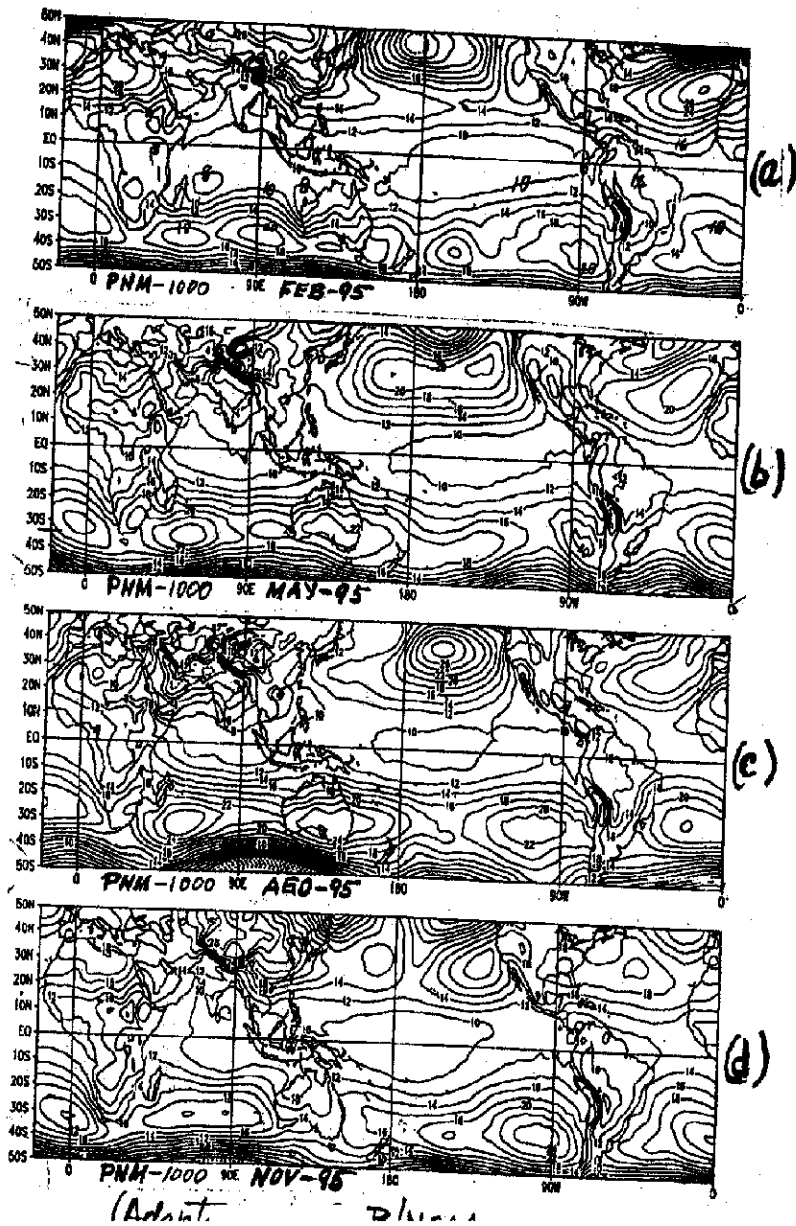


Fig. 24 Mapas de PNM (hPa-1000) en Oct-Nov-Dic. 1996  
(Primavera del H.S.).





**Fig. 24** Mapas de PNM (hPa-1000) en Feb-May-Ago. 1995  
 (Correspondientes al Verano, Otoño, Invierno y  
 Primavera del H.S.).

### 3.1-Período 1988-1990

Las anomalías de la temperatura superficial del mar (ASTM) presentaron valores predominantemente negativos, especialmente entre Enero-88 y Julio-89 (Fig.10). Estas características de Anti-El Niño (algunos lo llaman La Niña) fueron similares a 1985 y 1970, con la excepción del lapso de Mayo-Agosto 90 que presentó anomalías positivas al norte del Callao (12° S), como lo señala [9]. Se puede afirmar entonces que el período 1988-90 fue fundamentalmente un período frío.

### 3.2-Período 1991-1993

Este período fue analizado por [10] y [12], en el que El Niño hizo una mala jugada, como cuando se tuvo el llamado El Niño abortado de 1975 [13]. En lo que sigue se da un extracto de los principales aspectos señalados en dichos análisis y que por cuestión de espacio no se muestran los gráficos correspondientes, con excepción de las series de tiempo de estaciones fijas.

Después del período frío de 1988-90 (Fig. 10,11,12),aparecieron cambios importantes, particularmente desde Junio de 1991, y en Octubre-Diciembre 91 (Fig. 10) ya se tenía frente al Perú la configuración clara de un evento ENSO, cuyo desarrollo hasta 1993 mostró bastantes similitudes con el evento intenso de 1940-41, y según los datos del SOI [8] el ENSO 1991-93 fue similar a los períodos 1911-13 y 1939-41, y ha recibido el calificativo de ENSO Moderado y Prolongado 1991-93.

El primer pico de la ATSM se presentó en Feb-May. '92' frente al Perú, particularmente en marzo '92 (Fig.10), con valores hasta de 3 a 5°C sobre lo normal, asociado a una gran invasión de ATS de lado del Golfo de Panamá entre Diciembre 1991 y Abril 1992, así como una expansión de la Piscina Caliente del Este (PCE) y la Piscina Caliente del Oeste (PCO) en Abril-Agosto 1991 y en Marzo-Junio 1992 [12].

La declinación brusca de la TSM se produjo en Junio de 1992 (Fig.10), seguida de valores negativos en las ATSM, anomalías

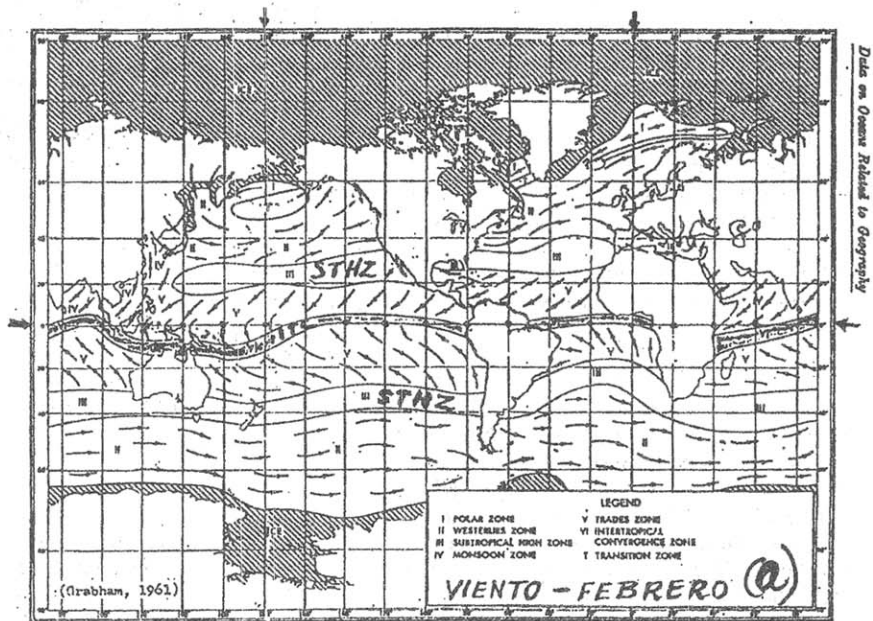
negativas que se acentuaron en Agosto-Setiembre 1992 frente al Perú y en Octubre 1992-Enero 1993 en la banda ecuatorial.

El cambio antes señalado dió la falsa impresión de finalización del evento cálido, y ya se hablaba del evento ENSO 1991-1992 o de una normalización de las condiciones en los últimos meses de 1992 [10], cuando contra todos los pronósticos dentro y fuera del país, en 1993 siguió un nuevo calentamiento anómalo, calificado como reactivación del ENSO, con las anomalías positivas más apreciables de la TSM frente al Perú en Mayo-Junio 1993, al norte de los 12°S, que bien podemos considerar como el segundo pico del ENSO 1991-93, más moderado que el primer pico de Febrero-Mayo 1992 [11].

Las variaciones del nivel del mar (Fig.10), que tienen relación con el hundimiento o elevación de la termoclina y el contenido calórico de la capa superior del Océano Pacífico Tropical [14], destacan con más persistencia las variaciones de la superficie del mar.

En Enero-Abril 1993 hubo una notable transgresión de ATS, aunque de menor intensidad que la de Diciembre 1991-Abril 1992. La PCO y la PCE estuvieron unidas moderadamente en Abril - Setiembre 1993. Las ATSM tuvieron un mayor impacto entre los 8-11°S frente al Perú, y a partir de Agosto 1993 se observó una aproximación a las condiciones normales. En general, el calentamiento del mar y del aire fue apreciable al norte de los 15°S, especialmente al norte de los 12°S.

En el Pacífico ecuatorial, los cambios en la circulación tridimensional juegan un rol crucial en la generación de las ATSM a través de la advección horizontal y a través de los cambios en la intensidad del afloramiento en la zona de la lengua fría ecuatorial del POT. En este sentido resultan necesarias las observaciones de corrientes como las de la Fig.22, que muestran las variaciones de corrientes superficiales y submarinas encima de los 200m de profundidad principalmente.



World Map of Wind Regimes—February (Northern Hemisphere Winter, Southern Hemisphere Summer)



World Map of Wind Regimes—August (Northern Hemisphere Summer, Southern Hemisphere Winter)

Fig. 28 Mapas Promedio de Viento Superficial en Feb. y Ago.  
(Tomado del U.S. Naval Oceanographic Office, 1996).

THREE-MONTH GLOBAL TEMPERATURE ANOMALIES

January-February-March 1996



THREE-MONTH GLOBAL TEMPERATURE ANOMALIES

April-May-June 1996



THREE-MONTH GLOBAL PRECIPITATION ANOMALIES

January-February-March 1996



THREE-MONTH GLOBAL PRECIPITATION ANOMALIES

April-May-June 1996



CLIMATE PREDICTION CENTER

CLIMATE PREDICTION CENTER

[Adaptado de: CSM, Issues No. 3-96 y No. 6-96, WCP (WMO/UNEP), Genera 2]

Fig. 29 Algunos rasgos climáticos trimestrales globales



Asociado al ENSO 1991-93 se tuvo inusuales precipitaciones en el norte del país, especialmente en Tumbes en Enero-Abril 1992, con las consecuentes inundaciones de los ríos que causaron daños en los sembríos de arroz y plátano, en las vías de comunicación y en la población misma. Asimismo, se tuvo una severa sequía, que al parecer comenzó en 1990 y se prolongó hasta mediados de 1993, la cual castigó severamente la sierra central y sur del país, afectando la agricultura, la ganadería, la producción de energía hidroeléctrica, etc. [12].

Vega [15] anota que el río Rímac tuvo descargas muy altas el 07 de Febrero de 1993, del orden de 85 m<sup>3</sup>/seg., igual a la del año hidrológico 1942-43; que el año hidrológico 1991-92 fue seco (uno de los más bajos en su historia) y que el año hidrológico de 1992-93 fue húmedo.

Adicionalmente, comentaremos que en Junio de 1991 se produjo la erupción del Monte Pinatubo de Filipinas, con efectos globales hasta por lo menos 1993, y de mayor impacto que la erupción del volcán El Chinchón de México en Abril 1982. Posiblemente estos dos fenómenos se reflejan en las temperaturas cuasinormales en el continente, a nivel global, especialmente en el Hemisferio Norte, en 1991-92 [16].

Considerando otro acontecimiento ya no natural, sino humano, mencionaremos la Reunión Cumbre de Río de Janeiro, Brasil, que se llevó a cabo el 13-14 Junio 1992, denominada "Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y Desarrollo (UNCED-1992)", que como dice Trivola (1992), representa una "revolución medioambiental", que se profundizará progresivamente con el reconocimiento creciente sobre la necesidad de conservar el recurso clima, que esta ligado a muchas actividades de la humanidad.

### 3.3- Período 1994-1996

Según lo establecido por [11], [17] y [18], las características de 1994, 1995 y 1996, representan condiciones post-ENSO 1991-

93. A continuación se destacan algunos aspectos notorios de cada uno de estos años (Fig.10-12,13-17,19, 23-27).

a) En el año 1994 se presentaron varias peculiaridades, entre las que mencionaremos las siguientes:

- En contraposición a la parte central y occidental del Pacífico ecuatorial, en el mar frente al Perú las condiciones estuvieron próximas a lo normal y hasta con valores de TSM algo más bajos de lo normal.
- Contrariamente a lo esperado, el Anticiclón del Pacífico Suroriental (ACPSO), los vientos alisios y la Contracorriente Norecuatorial (CCNE) mostraron una mayor intensidad en Noviembre respecto a Setiembre.
- Hubo una breve transgresión ecuatorial de ATS en Febrero entre los 85-90°W; la lengua fría ecuatorial (LFE) comenzó a desarrollarse en marzo (un mes antes) y a declinar en setiembre (un mes antes).
- La PCO se expandió en Hemisferio Sur en Enero-Abril, con una proyección máxima hasta los 120°W en Abril, y su influencia en la costa peruana fue evidente entre los 10°S y 18°S, en los meses de enero a mayo fundamentalmente.
- Hubo precipitaciones abundantes en varios lugares del país, que provocaron daños y pérdidas importantes de Enero-Abril, con las inundaciones, deslizamientos y huaycos. Mencionaremos los desbordes de los ríos Rímac (Marzo), Cañete (Febrero), Majes (Febrero), Huallaga (Enero-Marzo), Ucayali (Febrero), Amazonas (Abril), etc. Además, tuvimos la braveza del mar en la costa peruana (Marzo), que paralizó las actividades portuarias por varios días.

b) En el año 1995 predominaron las condiciones cuasi-normales (Fig.10), con tendencia al enfriamiento, especialmente en el lado oriental de la banda ecuatorial de Pacífico y a lo largo de la costa peruana. Señalamos a continuación algunos hechos de 1995 [18]:

Hubo transgresiones breves y prematuras de ATS entre los 85-90° W en Enero-Febrero, y el repliegue se inició en Marzo.

El Frente Ecuatorial (FE) comenzó a recuperarse en Marzo y presentó su mayor desarrollo en Setiembre-Octubre. La LFE que estuvo desarticulada en Enero-Febrero, también empezó a desarrollarse en Marzo, y constituyó un aspecto notable de Agosto a Diciembre.

La lengua caliente persistente en Abril-Mayo, frente al Perú, estuvo asociada a la proyección hacia el este (hasta los 120°W) del la PCO, entre los 5-12°S, con el eje alrededor de los 8°S.

La PCE se unió a la PCO en Abril, Julio, Agosto, y Setiembre, con mayor desarrollo en Abril y Setiembre.

La parte costera del Perú presentó ATSM con valores positivos significativos (hasta los +2°C) en Enero al norte de los 15°S, y en Mayo al sur de los 15°S. Los valores negativos significativos (hasta de -2°C) fueron apreciables en Junio frente al Perú, y fueron notables de Agosto a Octubre en la banda ecuatorial, principalmente entre los 100-160°W.

Entre Enero-Marzo se presentaron lluvias intensas, inundaciones, deslizamientos y huaycos que afectaron varios lugares del país, como Puno, Ayacucho, Arequipa, Apurímac, Huancavelica, etc. Las noticias de los medios de comunicación del 26 de Diciembre de 1995 indicaban que el descenso del río Ucayali dejó desocupados a pescadores del lugar; en Arequipa y Puno había preocupación por la sequía, y Lima estaba preocupada por las deficientes precipitaciones en el centro del país. En los primeros días de Enero 1996 cambió el panorama.

Los modelos de pronósticos anunciaban un episodio frío moderado o débil para la primera mitad o gran parte del nuevo año venidero (1996).

En 1996, las condiciones atmosféricas y oceánicas en el área peruana mostraron de manera predominante temperaturas superficiales moderadamente más bajas

de lo normal (Fig. 10), justificando el pronóstico señalado antes. Se espera que estas características persistan hasta buena parte de 1997, aunque tomando en cuenta los datos históricos debemos estar preparados para un nuevo episodio ENSO a corto plazo, como también van señalando algunos modelos predictivos [16]. Entre los hechos de 1996 podemos señalar los siguientes:

Según los mapas de Miller (comunicación personal) el enfriamiento notable de Octubre-Diciembre 1995 en la franja costera del Perú y Ecuador y en la banda ecuatorial (al este de 180°), ha prevalecido durante gran parte de año 1996, con apreciables reducciones en Febrero, Marzo y en Octubre. Aunque en general hay una buena coincidencia entre los mapas de Miller (IATTC) y los del CDB/NOAA (Fig. 13-17), hay una pequeña discrepancia en lo que respecta a la transgresión de ATS, la que según Miller se produjo en Febrero y según CDB/NOAA se produjo en Marzo (Fig. 13).

La LFE estuvo notable en Enero 1996 (Fig.13), Abril-Diciembre 1996 (Fig.14-16) y Enero 1997. Fue mucho más notable en Agosto y en Octubre, hasta los 140°W, aunque al este de los 100°W fue más notable en Setiembre y más fría a lo largo de la costa peruana en este mes.

Las series de tiempo de TSM de Balboa, Talara y Callao, muestran predominantemente anomalías negativas moderadas en 1995 y 1996, aunque más acentuadas en 1996 (Fig.10), y se puede decir que estos dos años constituyen un período frío moderado frente a las costas del Perú y Ecuador (un Anti-ENSO moderado 1995-96). Esta característica concuerda con la estructura térmica de la Fig.19, donde la isoterma de 20°C aparece por encima de los 50m en el lado oriental y cerca de los 200m de profundidad en el lado occidental, en el que se hace presente la piscina caliente del oeste (PCO) con temperaturas mayores de 28°C.

**4.CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

Después del ENSO moderado 1986-87 y en lo que va de la presente década (hasta 1996) y última del presente siglo XX, se produjeron los siguientes eventos en el área peruana: El período frío 1988-90, el ENSO 1991-93, moderado y prolongado, y el período moderadamente frío 1995-96 ó Anti-ENSO moderado 1995-96, que ha persistido hasta Enero 1997. Tomando en cuenta los datos históricos se espera que se produzca un nuevo evento cálido a corto plazo, como también lo previenen algunos modelos.

Es urgente preparar un Programa Nacional sobre Variabilidad Climática (VARCLI), para enfrentar de una manera sistematizada e integrada la exigencia actual del desarrollo sostenible; programa en que participen todos los sectores, de manera especial las Universidades y entre ellas la UNMSM. La elaboración de este programa podría tener la motivación de establecer en el más breve plazo un Plan de Acción para monitorear de manera sistemática e intensiva la aparición y evolución de un nuevo evento cálido de características impredecibles.

**REFERENCIAS**

[1] Gordon, A, 1995. *Clivar/Science Plan, WCRP-89 (WMO-690)*, WMO Geneva.

[2] Zuta, S., and L.A. Flores, 1990. *Cooperative Studies in the Eastern Tropical Pacific Ocean. Ocean Sciences: Their History and Relation to Man. Proceedings of ICHO-IV, Hamburg, 23-29 Sep. 1987*, pp 422-436, Dt. *Hydrogr. Z., Erg.-H. B., Nr. 22*.

[3] Kousky, V.E., G.D. Bell, M.S. Halpert and W. Higgins, 1996. *Near real-time analysis ocean/atmospher*, CDB/NOAA, USA.

[4] Gates L., and N. Grassl, Edit., 1996. *The WCRP Newsletter, No. 1, WMO*.

[5] Duplessy, J.-C., and J. Overpeck, Edt., 1996. *The Pages/Clivar Intersection Report of a Joint IGBP-WCRP, Venice, Italy, 16-20 Nov. 94, University of Colorado at Boulder*.

[6] UNESCO, 1996. *A strategic plan for the assessment and prediction of the health of the ocean: A module of the Global Ocean Observing System (GOOS)*, IOC/INF-1044, May.

[7] WCRP, 1996. *Project Status 1996, Future Aims, WOCE Report N° 138/96, UK, February*.

[8] WMO, 1995. *The importance of climate prediction, World Climate News, N° 7, June, Geneva, Switzerland*.

[9] Zuta, S., 1992. *Estudio de los Cambios Climáticos y su Impacto en el Perú (ECCIP), Theorema, 1(2), UNMSM, pp65-67, Dic.*

[10] Zuta, S., D. Villegas, E. Vega, P. Quevedo, R. Flores, L. Pizarro, 1993. *Estudio de los Cambios Climáticos y su Impacto en la Costa Peruana, Theorema, 2(3), UNMSM, pp 67-68, Julio*.

[11] Zuta, S., D. Villegas, R. Flores, P. Quevedo, E. Vega, C. Gonzales, R. Vargas, J. Huayma, J. Otiniano, 1995. *Estudio de los Cambios Climáticos y su Impacto en el Perú, Theorema, 4 (6), UNMSM, pp 86-89, Diciembre*.

[12] Zuta, S., 1994. *Estudio de los Cambios Climáticos y su Impacto en el Perú, Theorema, 3(5), UNMSM, pp 75-76, Oct.*

[13] Wyrtsky, K., 1979. *The response of the sea surface topography to the 1976 El Niño, J. Phys. Oceanogr, 9, 1224-1231*.

[14] Rebert, J., J. Donguy, G. Eldin, and K. Wyrtsky, 1985. *Relations between sealeve thermocline depth, heat content, and dynamic height in the tropical Pacific Ocean, J. Geophys. Res., 90, 11719-11725, 1985*.

[15] Vega Cedano, L., 1993. *Estudio Hidrológico de la Cuenca del Río Rimac, Theorema, 2 (3), UNMSM, pp 84-85*.

[16] CDB/NOAA, 1997. *Near Real-Time Analysis Ocean / Atmosphere, No 97/1, January*.

[17] Zuta, S., 1996 *Estudio de los Cambios Climáticos y su Impacto en el Perú, Etapa IV-A: Variabilidad Climática en 1996*.

[18] Zuta, S., 1995. *Estudio de los Cambios Climáticos y su Impacto en el Perú, Etapa III-C: Variaciones Climáticas en 1995. Res. Inf. Anual, IIF/FCF-UNMSM*



- [19] Gibbons, J.H. (Dir), 1997. *Our Changing Planet The FY 1997, U.S. Global Change Research Program. A Supplement to the President's Fiscal Year 1997 Budget*, EOP/Office of Science and Technology, Policy, Washington, D.C., USA.
- [20] Larson, E.D. and R.H. William, 1995. *Biomass Plantation Energy as an instrument for socio-economic development*, Edited by J. Goldemberg and T.B. Johansson, UNDP, N.Y., USA. pp 91-106.
- [21] Grübler, A. et al, 1996. *Energy Primer*, in: *Climate Change 1995. Impacts, Adaptations and Mitigation of Climate Change: Scientific-Technical Analysis*, IPCC, Cambridge University Press, USA, pp 75-92.
- [22] Patzert, W.C., 1978. *El Niño Watch Atlas of Physical, Chemical and Biological Oceanographic and Meteorological Data*, SIO Ref. Series No 78-7, La Jolla, California, USA.
- [23] Ittekkot, V., 1996. *Oceans*, in: *Climate change 1995. Impacts, adaptations and mitigation of climate change: Scientific-technical analysis*, IPCC, Cambridge University Press, USA, pp. 267-288.
- [24] ICSU/WMO/UNESCO, 1995. *CLIVAR. A study of the climate variability and predictability Science Plan*, WCRP-89 (WMO/TD N°690), August WMO, Genova.
- [25] Gould, W.J. (Director), 1996. *International WOCE Newsletter, N°24, October, WOCE IPO, Southampton Oceanography Center, U.K.*