



CIB-ESPOL

7
551.52
R10
p.2



ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería Marítima y Ciencias del Mar

**“OPTIMIZACIÓN DE LA INFORMACIÓN DE
TEMPERATURA Y SALINIDAD, Y CARACTERIZACIÓN
TERMOHALINA DE LA ESTACIÓN OCEANOGRÁFICA
EL PELADO”**

TESIS DE GRADO

Previa a la Obtención del Título de:

OCEANÓGRAFA



CIB-ESPOL

Presentada por:

MÓNICA DEL ROCÍO RIOFRÍO BRICEÑO



CIB-ESPOL

GUAYAQUIL – ECUADOR

2004

AGRADECIMIENTO



CIB-ESPOL

A la Fundación CENAIM-ESPOL, especialmente al Doctor Jorge Calderón, Ing. Andrés Pedrazzoli y Tec. Soraya Townsend, por los múltiples beneficios recibidos como Tesista de la Institución. Al VLIR y al IAI por el aporte económico brindado.

A M.Sc. Johnny Chavarría, Director de Tesis, por los valiosos conocimientos y experiencias impartidas, por su prestancia y buena amistad. A M.Sc. Bonny Bayot por su participación en las correcciones del presente trabajo.

A la Doctora María del Pilar Cornejo que gracias a su gestión oportuna impulsó el desarrollo de la Tesis, y por el entusiasmo demostrado con la *culminación de la misma*.

Al Lcdo. Emilio Ochoa, por su apoyo al contar con una PC en las instalaciones de la Fundación “Ecocostas”.

A Rosita, secretaria de la Facultad, por su buena disposición y amistad.

A la Santísima Trinidad y a Nuestra Madre Santa, por estar VIVA, permitiendo que un sueño se haga realidad.

DEDICATORIA



CIB-ESPOL

A mis queridos padres:

María Regina y Luis Alberto

A mis hermanos:

Camilo, Cley, Lourdes y Glenda

A mis sobrinitos:

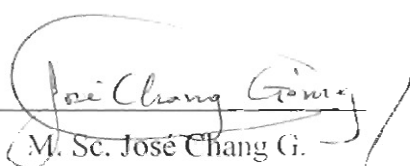
Sebastián y Cristina, Ariana, Natalia y Eugenia, Gabriel y Francisco

A mi querido Juan Agustín y

A mis futuros hijos

A las futuras generaciones de profesionales, no olvidar:

Lo que se busca se encuentra.... el que persevera alcanza.



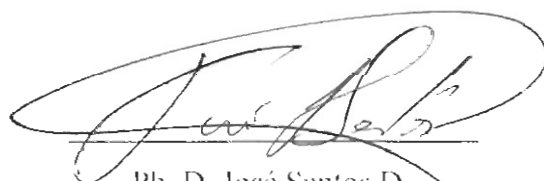
M. Sc. José Chang G.

Presidente Tribunal



M. Sc. Johnny Chavarria V.

Director de Tesis



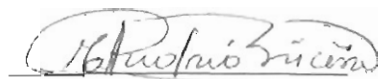
Ph. D. José Santos D.

Miembro Principal Tribunal

DECLARACION EXPRESA

“La responsabilidad por los hechos, ideas y doctrinas expuestas en esta tesis, me corresponden exclusivamente; y, el patrimonio intelectual de la misma, a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL”.

(Reglamento de Exámenes y Títulos profesionales de la ESPOL).

A handwritten signature in dark ink, appearing to read 'Mónica Riofrío Briceño', written over a horizontal line.

Mónica Riofrío Briceño

RESUMEN



En una primera fase se optimizó la base de datos semanales de temperatura y salinidad (0 a 40 m) de la estación *El Pelado*, correspondiente al período 1992-2002. Para el efecto se completó las series basándose principalmente en el conocimiento de la oceanografía local, apoyado en datos de la cercana estación oceanográfica *Salinas*.

En una segunda fase se realizó la caracterización termohalina del sector encontrándose que:

Las características que gobiernan el cambio estacional estuvieron representadas por, la profundización paulatina de la termoclina, asociado a una acumulación de calor en abril-mayo y a una columna de agua de alta salinidad y escaso gradiente, permitiendo establecer una diferenciación térmica estacional de la columna de agua. El predominio climatológico de ATS en superficie estableció que la Estación está influenciada principalmente por las condiciones de masas de agua del sector norte, lo que conllevó a considerar otra masa de agua que aquí hemos denominado Aguas Tropicales Costeras (ATC). Se generó la hipótesis que el balance calórico por efecto de eventos ENOS se efectúa a escala de tiempo interanual. La serie de profundidad de

la isoterma de 20° C comprobó la presencia de la oscilación quincenal asociada a componentes quincenales de marea.

Las condiciones climáticas de anomalías que se evidenciaron en áreas oceánicas lejanas se hicieron sensibles en *El Pelado* además de las generadas localmente. La relación de la temperatura (clima) con la acuicultura del camarón, pesquerías, agricultura, salud y gestión de riesgos, constituye una fortaleza para el desarrollo de aplicaciones prácticas varias.



CIB-ESPOL

LISTA DE ABREVIATURAS

ACUICLIMA	Acuicultura y Clima
AEISS	Agua Ecuatorial Subsuperficial
ASTS	Agua Subtropical Superficial
ATC	Agua Tropical Costera
ATS	Agua Tropical Superficial
BT1	Batitermógrafo 1
BT2	Batitermógrafo 2
CENAIM	Centro Nacional de Acuicultura e Investigaciones Marinas
CPC/NWS	Climate Prediction Center / National Weather Service (Centro de Análisis Climáticos del Servicio Meteorológico de los Estados Unidos)
DBO ₅	Demanda Biológica de Oxígeno (5 días de incubación)
DQO	Demanda Química de Oxígeno
ENOS	El Niño-Oscilación del Sur
ESPOL	Escuela Superior Politécnica del Litoral
e.g.	por ejemplo
FE	Frente Ecuatorial
IAI	Instituto Interamericano para la Investigación de Cambio Global
INOCAR	Instituto Oceanográfico de la Armada
INP	Instituto Nacional de Pesca
Iso20	Profundidad de la Isotherma de 20°C
Msf	Componente Lunisolar Quincenal
ML	Componente Lunar Quincenal
OD	Oxígeno Disuelto
PN	Pacífico Norte
PS	Pacífico Sur
SC	Seacat 19
SCE	Subcorriente Ecuatorial
s.f.	sin fecha
STEP	Serie de Tiempo El Pelado
TS	Temperatura-Salinidad
TSM	Temperatura Superficial del Mar
SSM	Salinidad Superficial del Mar
ups	Unidades prácticas de salinidad
VLIR	Concejo de Universidades Flamencas
ZCTF	Zona de Convergencia Intertropical

ÍNDICE GENERAL

	Página
RESUMEN-----	VI
LISTA DE ABREVIATURAS-----	VIII
INDICE GENERAL-----	IX
INDICE DE FIGURAS-----	XIII
INDICE DE TABLAS-----	XX
 CIB-ESPOL	
I. INTRODUCCIÓN-----	23
II. ESTACION OCEANOGRÁFICA EL PELADO-----	26
2.1. Localización del área de estudio-----	26
2.2. Régimen meteorológico del sector-----	30
2.3. Régimen oceanográfico del sector-----	33
2.3.1. Corrientes y masas de agua-----	34
2.3.2. Frente ecuatorial-----	38
III. MATERIALES Y MÉTODOS-----	40

3.1.	Descripción del equipo de medición y software utilizado para el procesamiento-----	40
3.2.	Optimización y sistematización de la información-----	43
3.3.	Análisis de masas de agua-----	48
3.4.	Cálculo de almacenamiento calórico-----	49
3.5.	Análisis de series de tiempo-----	51
3.5.1.	Análisis en el dominio del tiempo-----	51
3.5.2.	Análisis en el dominio de las frecuencias-----	52
IV.	OPTIMIZACIÓN DE LA INFORMACIÓN-----	54
4.1.	Serie de tiempo de temperatura-----	55
4.2.	Serie de tiempo de salinidad-----	69
4.2.1.	Análisis de comprobación de los datos de salinidad sin tendencia utilizando gráficos TS-----	77
4.2.2.	Cálculo de regresiones-----	80
4.3.	Comparación entre series optimizadas y originales-----	87
4.4.	Sistematización de los datos-----	88
V.	CARACTERIZACIÓN TERMOHALINA-----	91
5.1.	Climatología de la estructura vertical térmica y halina-----	91
5.1.1.	Promedios multianuales-----	92
5.1.2.	Promedio de años normales-----	94
5.1.3.	Triángulo promedio-----	96
5.1.3.1.	Promedios multianuales-----	96



CIB-ESPOL

5.1.3.2. Promedios de años normales-----	98
5.2. Variabilidad temporal de temperatura y salinidad-----	100
5.2.1. Variación mensual de la anomalía de TSM-----	101
5.2.2. Variación mensual de la anomalía de SSM-----	102
5.2.3. Variación mensual de la anomalía de la profundidad isoterma de 20° C-----	103
5.2.4. Anomalías normalizadas-----	105
5.2.5. Análisis de frecuencias-----	106
5.2.5.1. Serie de anomalías de TSM-----	107
5.2.5.2. Serie de anomalías de SSM-----	108
5.2.5.3. Serie de anomalías de profundidad de la isoterma de 20° C-----	110
5.3. Masas de agua presentes y su distribución temporal y vertical----	110
5.3.1. Masas de agua presentes-----	110
5.3.2. Distribución temporal de las masas de agua-----	110
5.3.2.1. Distribución estacional-----	110
5.3.2.2. Distribución mensual-----	115
5.3.2.3. Masas de agua y eventos ENOS-----	123
5.3.3. Distribución vertical de las masas de agua-----	129
5.3.3.1. Distribución vertical de un año climatológico----	129
5.3.3.2. Distribución vertical del año 1997-----	131
5.3.3.3. Distribución vertical del año 1999-----	132



5.4. Almacenamiento calórico y su distribución temporal y vertical---	134
5.4.1. Distribución temporal del almacenamiento de calor-----	134
5.4.2. Distribución vertical del almacenamiento de calor-----	136
VI. DISCUSIÓN-----	138
6.1. Sobre los resultados-----	138
6.2. Sobre las aplicaciones prácticas-----	147
VII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES-----	154
7.1. Conclusiones-----	154
7.2. Recomendaciones-----	158
ANEXOS-----	160
1. Promedios mensuales de temperatura y salinidad (1992-2002)-----	161
2. Estructuras anuales verticales de temperatura y salinidad (1992-2002)-----	167
BIBLIOGRAFÍA-----	170



CIB-ESPOL

ÍNDICE DE FIGURAS



Figura	CIB-ESPOL	página
1.	Localización geográfica y área de influencia de la Estación <i>El Pelado</i> ----	27
2.	Áreas Niño en el Pacífico Ecuatorial-----	28
3.	Curva de la variación mensual de la precipitación en San Pedro (Estación Meteorológica CENAIM), durante el período 1999-2002-----	32
4.	Estructura típica del Frente Ecuatorial-----	39
5.	Cronología de fechas con vacíos de información en <i>El Pelado</i> y su equivalente en <i>Salinas</i> -----	46
6.	Variación vertical inicial de los coeficientes de correlación (r) de temperatura de los registros de Salinas-El Pelado, por período instrumental-----	59
7.	Evolución temporal de las diferencias de temperatura de <i>Salinas</i> con respecto a <i>El Pelado</i> en 1992-----	61
8.	Variación temporal de las diferencias de temperatura de <i>Salinas</i> con respecto a <i>El Pelado</i> en 1994-----	62
9.	Variación vertical final de los coeficientes de correlación (r) de	

temperatura de los registros de <i>Salinas-El Pelado</i> , por período instrumental-----	64
10. Curva de regresión final para predecir vacíos del primer período instrumental-----	65
11. Curva de regresión final para predecir vacíos del segundo período instrumental-----	65
12. Curva de regresión para predecir vacíos del tercer período instrumental--	66
13. Curva de regresión utilizando datos de Salinas de enero a abril de 1996--	67
14. Curva de regresión de temperatura con datos medidos con ADR 1000 y YSI-85 desde noviembre del 2001 a marzo del 2002 en la Estación <i>El Pelado</i> -----	68
15. Rectas de regresión de los gráficos TS de <i>El Pelado</i> desde 1992 al 2000--	71
16. Variación semanal de Salinidad Superficial del Mar de Estación <i>El Pelado</i> y Estación <i>Salinas</i> desde 1992 hasta 1999-----	72
17. Variación semanal de la diferencia de Salinidad Superficial del Mar de <i>Salinas</i> con respecto a <i>El Pelado</i> para el período 1992-1999-----	73
18. Media móvil de tres semanas aplicado a la variación semanal de salinidad superficial del mar de la Estación <i>El Pelado</i> en el período 1992 al 2001-----	74
19. Variación anual de los promedios de salinidad en superficie, columna de agua y a 40 m de profundidad, para el período 1992 al 2001-----	74
20. Curva de tendencia de los promedios anuales de salinidad de la columna	



	respecto al promedio anual de 1994, para el período 1995 al 2001-----	75
21.	Variación anual de los promedios de salinidad, eliminando la tendencia, para el período 1992 al 2001-----	76
22.	<i>El Pelado</i> : Gráfico TS (datos 0 a 40 m), período 1992 a 1994-----	77
23.	<i>El Pelado</i> : Gráfico TS del período 1992 al 1996 (datos sin tendencia 0 a 40 m)-----	78
24.	<i>El Pelado</i> : Gráfico TS del período 1992 a 1996 (datos originales 0 a 40 m)-	78
25.	<i>El Pelado</i> : Gráfico TS del período 1992 a 1998 (datos sin tendencia 0 a 40 m)-----	79
26.	<i>El Pelado</i> : Gráfico TS del período 1992 a 1996 y 1999 (datos 0 a 40 m)--	80
27.	Curva de regresión de SSM con datos de estación <i>El Pelado</i> y <i>Salinas</i> del período enero de 1992 a septiembre de 1996-----	81
28.	Curva de regresión de salinidad con datos de estación <i>El Pelado</i> y <i>Salinas</i> del período 1992-1996 y 1999-----	82
29.	<i>El Pelado</i> : Gráfico TS con datos optimizados (datos 0 a 40 m, período 1992- 1999)-----	83
30.	<i>El Pelado</i> : Gráfico TS del período 1992 a octubre 30 del 2002-----	86
31.	Climatología de la estructura vertical térmica de la Estación Oceanográfica <i>El Pelado</i> en base al promedio multianual-----	92
32.	Climatología de la estructura vertical halina de la Estación Oceanográfica <i>El Pelado</i> en base al promedio multianual-----	93
33.	Climatología de la estructura vertical térmica de años normales (1993-	

1994)-----	95
34. Climatología de la estructura vertical halina de años normales (1993-1994)-----	96
35. Gráfico TS climatológico, basado en promedios multianuales (datos 0 a 40 m, período 1992-2002)-----	97
36. Gráfico TS con los promedios mensuales de años normales (datos 0 a 40 m), período 1993-1994)-----	99
37. Variación mensual anomalía TSM (1992-2002)-----	100
38. Variación mensual anomalía SSM (1992-2002)-----	101
39. Variación mensual anomalía Iso20 (1992-2002)-----	102
40. Variación mensual de anomalías normalizadas de TSM (1992- 2002)-----	104
41. Variación mensual de anomalías normalizadas de SSM (1992-2002)-----	104
42. Variación mensual de anomalías normalizadas de Iso20 (1992-2002)-----	105
43. Espectro de potencias de las anomalías de TSM (1992-2002)-----	106
44. Espectro de potencias de las anomalías de SSM (1992-2002)-----	107
45. Espectro de potencias de las anomalías de Iso20 (junio 1998-dic 2001)---	108
46. Diagrama TS de los datos semanales (0 a 40 m) medidos en <i>El Pelado</i> durante los meses de estación húmeda (1992-2002) y triángulo de mezcla-----	111
47. Diagrama TS de los datos semanales (0 a 40 m) medidos en <i>El Pelado</i> durante los meses de estación seca (período 1992-2002) y triángulo de mezcla-----	111



CIB-ESPOL

48.	Diagrama TS de los meses de estación húmeda (datos 0 a 40 m), sin considerar el efecto El Niño y efecto costero (1993-1996 y 1999-2002)---	113
49.	Diagrama TS de los meses de estación seca (datos 0 a 40 m), sin considerar el efecto El Niño (1993-1996 y 1999-2002)-----	113
50.	Diagrama TS con datos semanales climatológicos (0 a 40 m) de los meses de la estación húmeda (1992-2002)-----	114
51.	Diagrama TS con datos semanales climatológicos (0 a 40 m) de los meses de la estación seca (1992-2002)-----	114
52.	Diagrama TS de datos semanales (0 a 40 m) del mes de enero (1992-2002)-----	115
53.	Diagrama TS de datos semanales (0 a 40 m) del mes de febrero (1992-2002)-----	116
54.	Diagrama TS de datos semanales (0 a 40 m) del mes de marzo (1992-2002)-----	116
55.	Diagrama TS de datos semanales (0 a 40 m) del mes de abril (1992-2002)-----	117
56.	Diagrama TS de datos semanales (0 a 40 m) del mes de mayo (1992-2002)-----	118
57.	Diagrama TS de datos semanales (0 a 40 m) del mes de junio (1992-2002)-----	118
58.	Diagrama TS de datos semanales (0 a 40 m) del mes de julio (1992-2002)-----	119

59.	Diagrama TS de datos semanales (0 a 40 m) del mes de agosto (1992-2002)-----	120
60.	Diagrama TS de datos semanales (0 a 40 m) del mes de septiembre (1992-2002)-----	120
61.	Diagrama TS de datos semanales (0 a 40 m) del mes de Octubre (1992-2002)-----	121
62.	Diagrama TS de datos semanales (0 a 40 m) del mes de noviembre (1992-2002)-----	121
63.	Diagrama TS de datos semanales (0 a 40 m) del mes de diciembre (1992-2002)-----	122
64.	Diagrama TS con datos semanales (0 a 40 m) de la estación húmeda de 1992-----	124
65.	Diagrama TS con datos semanales (0 a 40 m) de la estación húmeda de 1997-----	125
66.	Diagrama TS con datos semanales (0 a 40 m) de la estación seca de 1997-----	126
67.	Diagrama TS con datos semanales (0 a 40 m) de la estación húmeda de 1998-----	127
68.	Diagrama TS con datos semanales de la estación seca de 1998-----	127
69.	Diagrama TS con datos semanales (0 a 40 m) de la estación húmeda de 1999-----	128
70.	Diagrama TS con datos semanales (0 a 40 m) de la estación seca de	



1999-----	129
71. Distribución climatológica vertical de las masas de agua-----	130
72. Distribución vertical de las masas de agua referente al año 1997-----	131
73. Distribución vertical de las masas de agua referente al año 1999-----	133
74. Medias móviles de 3 meses de la variación mensual del almacenamiento calórico en la columna de 40 m (1992-2002)-----	135
75. Climatología de la estructura vertical del almacenamiento calórico basados en promedios multianuales (1992-2002)-----	136
76. Imágenes de SSM de la región Pacífico oriental tropical de agosto a noviembre del 2003-----	142
77. Gráficos comparativos de TS a distintas longitudes, ordenados de oeste a este (costa), frente a la costa ecuatoriana-----	143
78. Comparación gráfica entre las anomalías TSM Niño 1+2 y <i>El Pelado</i> (1992-2002)-----	148
79. Medias móviles de almacenamiento calórico y temperatura promedio (0- 40m) (1992-2002)-----	149
80. Gráfico de la relación lineal entre Producción de camarón y TSM-----	152
81. Gráfico de la profundidad de la isoterma de 20° C aplicado a la detección de eventos climáticos-----	152

ÍNDICE DE TABLAS



CIB-ESPOL

Tabla	Página
I. Descripción general de la Estación Oceanográfica <i>El Pelado</i> -----	30
II. Cronología del número de semanas registradas y no registradas por el CTD, durante el período 1992 – 2002-----	44
III. Cronología de la utilización de los distintos instrumentos de medición de temperatura y salinidad en la Estación Oceanográfica <i>Salinas</i> (81° 04' W, 2° 07' S)-----	45
IV. Aguas tipo frente a Ecuador, por estación climática-----	49
V. Condiciones ENOS en el Pacífico Tropical Occidental-Central y Area Niño 1+2-----	55
VI. Periodos de mediciones de <i>El Pelado</i> según períodos de uso de los distintos instrumentos de medición en <i>Salinas</i> -----	56
VII. Correlación r entre registros de temperatura de estación <i>El Pelado</i> y estación <i>Salinas</i> , según el tipo de regresión, para cada período instrumental-----	57
VIII. Evolución de los coeficientes de correlación por período instrumental----	64

IX.	Correlaciones lineales a partir de gráficos TS con mediciones de estación <i>El Pelado</i> -----	70
X.	Regresiones para hallar salinidad final en el período enero 2000 a noviembre del 2001-----	85
XI.	Regresiones para hallar salinidad final en el período noviembre del 2001 a octubre 30 del 2002-----	85
XII.	Promedios y desviaciones estándar de las series original y optimizada de temperatura (T) y salinidad (S), por niveles de profundidad y promedio de la columna de agua (1992 – 2002)-----	87
XIII.	Frecuencias principales (expresadas como períodos) halladas por análisis espectral en las series anomalías de: TSM (a), SSM (b) y Profundidad de la isoterma de 20° C (c)-----	109
XIV.	Oscilaciones reportadas frente a la Península de Santa Elena utilizando series TSM-----	147

CAPÍTULO I



CIB-ESPOL

INTRODUCCIÓN

La Estación Oceanográfica *El Pelado* es una estación fija cercana al islote del mismo nombre frente a las instalaciones de CENAIM en San Pedro de Manglaralto, que monitorea las condiciones oceanográficas costeras desde 1992. A partir del 2001 dentro del proyecto IAI, la base de datos generada fue sometida a un diagnóstico y proceso de optimización inicial cuyos resultados se presentaron en el documento “Estación Oceanográfica *El Pelado*, 2001”. El diagnóstico expresó la necesidad de realizar un proceso de optimización más profundo, que permitiera utilizar integralmente las series en un contexto aplicado a la acuicultura.

El presente trabajo de Tesis, “Optimización de la información de temperatura y salinidad, y caracterización termohalina de la estación oceanográfica *El Pelado*”, cubre parte de las necesidades identificadas en el diagnóstico.

El objetivo general de la Tesis es optimizar y sistematizar la información de temperatura y salinidad de la Estación, previamente identificada como de menor

confiabilidad, y determinar las propiedades oceanográficas más representativas que caracterizan el área de estudio. Para cumplir este objetivo se realiza:

- . El procesamiento de la información existente de salinidad y temperatura, comparativamente con información de la estación costera privada *Estación Salinas*, para obtener series completas de la Estación *El Pelado*
- . Determinación de la climatología de la estructura térmica y halina de *El Pelado*
- . Descripción de la variabilidad temporal de temperatura y salinidad
- . Descripción de las masas de agua presentes y su distribución temporal y vertical
- . Determinación del almacenamiento calórico y descripción de su distribución temporal y vertical



CIB-ESI

La estructura de la Tesis es un reflejo, en secuencia lógica, de los objetivos planteados. De este modo, luego del presente Capítulo, de carácter introductorio:

En el Capítulo II, se hace una descripción de la ubicación y de las condiciones ambientales del sitio de estudio.

En el Capítulo III se describen los materiales y métodos utilizados para la obtención de los datos medidos y procesados. Se describe el equipo y software utilizado, la metodología seguida en la optimización y sistematización de la información, el procedimiento para la determinación de las masas de agua y el contenido calórico, y las herramientas que se utilizaron para el análisis de series de tiempo.

En el Capítulo IV, se describen los resultados encontrados en la optimización de la información de la serie de tiempo de temperatura y salinidad, presentando además los datos sistematizados.

En el Capítulo V, se describen los resultados de la caracterización termohalina de la Estación. Entre los temas desarrollados se encuentra la climatología de la estructura vertical térmica y halina, variabilidad temporal de temperatura y salinidad, masas de agua y almacenamiento calórico: distribución temporal y vertical.

Finalmente, en los Capítulos VI y VII, se presenta la discusión de los resultados y las conclusiones y recomendaciones, respectivamente.

La autora de esta Tesis espera que este trabajo constituya una buena herramienta de consulta para estudiantes y profesionales.

CAPITULO II

ESTACION OCEANOGRÁFICA *EL PELADO*



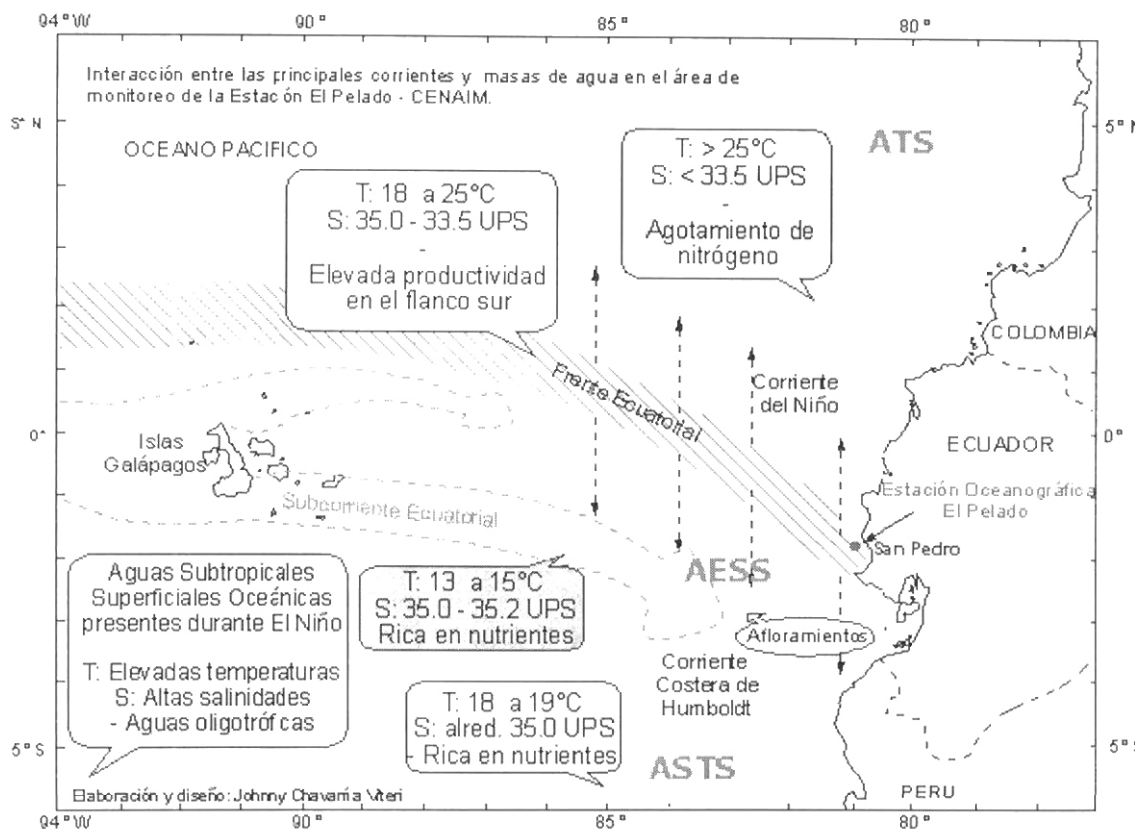
CIB-ESPOL

2.1. LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

La *Estación* está ubicada en la plataforma continental de la costa ecuatoriana (Fig. 1), frente a las instalaciones del CENAIM (Centro Nacional de Acuicultura e Investigaciones Marinas), al oeste de la población costera de San Pedro de Manglaralto (Cantón Santa Elena - Provincia del Guayas).

Oceanográficamente, se ubica en un área con influencia estacional de varias masas de agua, incluyendo gradientes o frentes entre ellas (Fig. 1). Además, debido a la periodicidad del monitoreo, está afectada por una variabilidad de alta frecuencia que para el presente caso únicamente puede ser caracterizada hasta una frecuencia máxima de oscilación de dos semanas. Además es importante señalar, que la *Estación* se encuentra dentro del área *Niño 1+2* (Fig. 2), que es una de las sub-regiones de monitoreo de la variabilidad ENOS.

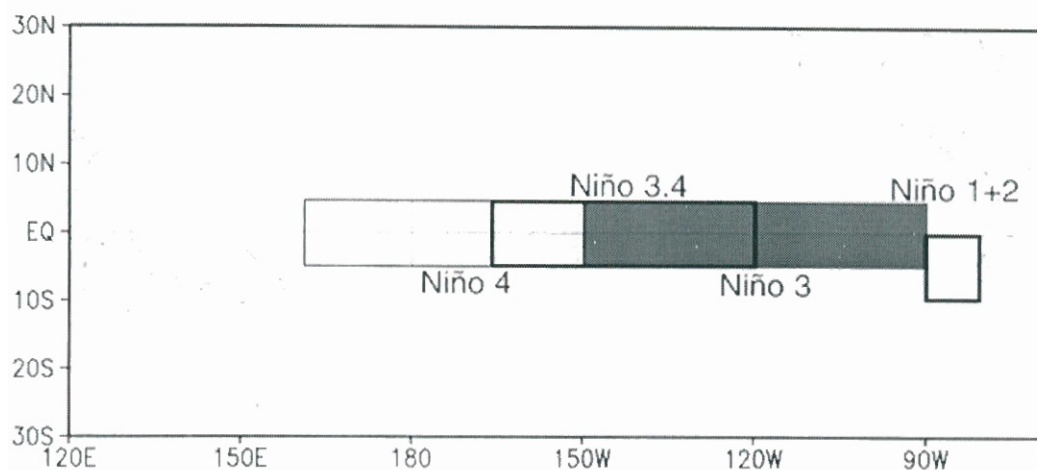
Figura 1. Localización geográfica y área de influencia de la Estación *El Pelado*



Fuente: <http://www.ccnaim.espol.edu.ec>

Meteorológicamente, se encuentra en el área de influencia de la *Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT)*, que es una de las estructuras que definen el clima en la región. El área se ve afectada por una variabilidad climática estacional y en otro orden por una variabilidad climática interanual reflejada en eventos extraordinarios.

Figura 2. Áreas Niño en el Pacífico Ecuatorial



Fuente: CPC/NWS

http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/nino_regions.html

La zona costera adyacente a *El Pelado* ha sido propósito de investigaciones en diferentes campos como: construcción de estructuras civiles, reconocimiento de zonas de riesgo y estudios de contaminación marina. En ellas se han realizado mediciones de parámetros físicos, hidrográficos y químicos, hasta aproximadamente el veril de 15 m. Entre los trabajos se puede destacar:

- Chang (1982): *Diseño preliminar de un terminal marítimo para urea y amoníaco en el área de Monteverde*
- Zambrano (1982): *Levantamiento hidrográfico para el proyecto del terminal artesanal pesquero de Valdivia*
- Paredes (1984): *Estudio de las corrientes marinas en la zona de Valdivia - San Pedro*



- Allauca (1985): *Estudio del oleaje en la zona de Valdivia*
- Ayoub (1985): *Procesos Litorales en Monteverde*
- ESPOL (1988): *Características Litorales en el sector comprendido entre San Pedro y Manglaralto*
- ESPOL (1988): *Estudios oceanográficos del proyecto Centro Nacional de Acuicultura e Investigaciones Marinas (CENAIM).*
- Villalba (1989): *Variabilidad estacional y espacial de nutrientes entre San Pedro y Manglaralto*
- Piedra (1990): *Procesos Litorales en San Pedro-Valdivia*
- Sánchez (s.f.): *Estudio para el mejoramiento de la playa de Ayangue*
- ESPOL (1991): *Estudio de la calidad del agua y de las características litorales entre San Pedro y San Pablo. Vol. 1*
- ESPOL (1993): *Estudios básicos costeros en el sector entre San Pablo y San Pedro*

Los detalles de las características generales de la Estación Oceanográfica *El Pelado* se describen en la tabla I.

Tabla I. Descripción general de la Estación Oceanográfica *El Pelado*

Característica	Descripción
Posición geográfica	Latitud: 01° 55' 53'' S Longitud: 80° 46' 55'' W
Referencias geográficas	• 0.9 Km (aproximadamente) al suroeste del Islote El Pelado. • 9.3 Km al oeste de la población de San Pedro de Manglaralto (frente a las instalaciones del CENAIM).
Parámetros medidos	• Físicos: temperatura, salinidad, profundidad de disco Secchi, color del mar • Químicos: oxígeno disuelto, fósforo reactivo, amonio, nitrito, nitrato, silicato, DBO₅, DQO • Biológicos: fitoplancton, zooplancton
Período de mediciones	1992 – 2002
Frecuencia de mediciones	Semanal
Tipo de medición	Vertical sub-superficial
Profundidad máxima medida	40 m
Intervalos verticales medidos <i>in situ</i>	1 m
Intervalo de almacenamiento de datos	5 m
Días de muestreo	Jueves preferentemente
Equipos utilizados	• CTD: ALEC Electronics ADR 1000 • Oxigenómetro YSI-85 • Seacat Profiler SBE19

Fuente: Después de Chavarria (2001)

2.2. RÉGIMEN METEOROLÓGICO DEL SECTOR

Moreano (1983) en su artículo *Interacción océano- atmósfera sobre la zona costera ecuatoriana* describe que el clima de la zona costera ecuatoriana responde a los desplazamientos meridionales de las *masas de agua* del Océano Pacífico Tropical y por su parte al movimiento también meridional de la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT), condición que regula la climatología atmosférica.

En Ecuador, la posición de la ZCIT (al norte o al sur) define dos estaciones climáticas bien diferenciadas, en las cuales la variable precipitación juega un rol importante.

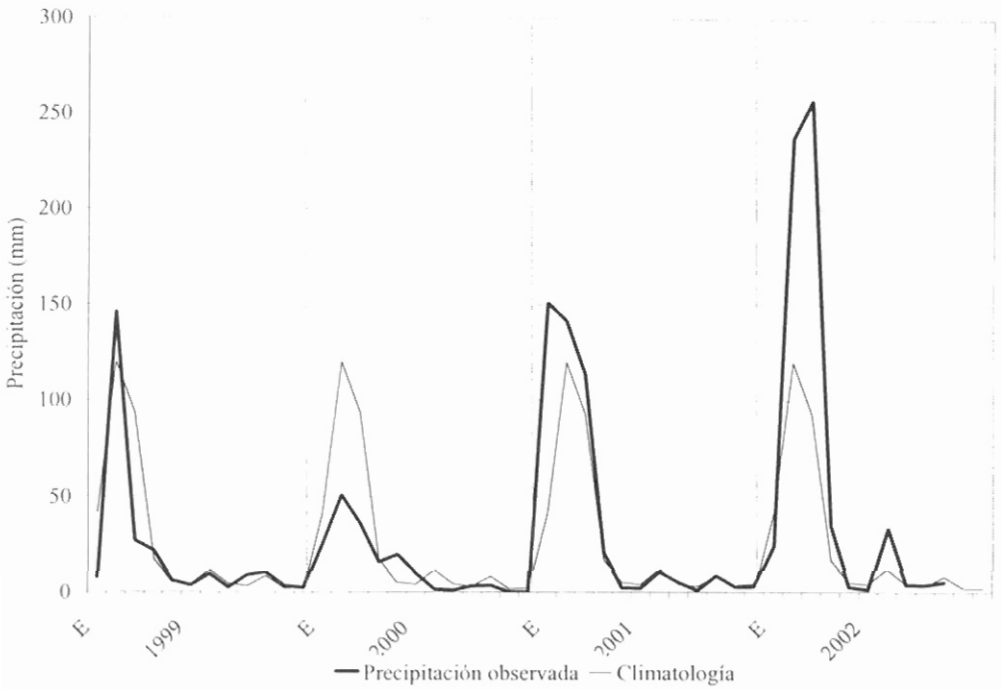
Estación de lluvias, principalmente de enero a abril, asociada a un alto índice de humedad, altas temperaturas del aire y a una nubosidad compuesta principalmente de cúmulos y cúmulos nimbus. Se destaca, la existencia de un debilitamiento de los vientos provenientes del sur y un ligero aumento de aquellos provenientes del norte. El nivel de intensidad de la estación lluviosa resulta del acercamiento de la ZCIT a la línea ecuatorial y a la presencia de aguas cálidas frente a nuestras costas.

Estación seca, mayo-diciembre, coincide con el alejamiento de la ZCIT hacia el norte, y con la intensificación de los vientos alisios del sureste que incrementa el afloramiento a lo largo de la costa de Perú permitiendo que se desarrolle la corriente costera de Perú (Humboldt) con la presencia de aguas frías, que dan lugar a una inversión atmosférica, consecuentemente la ausencia de lluvias.

Básicamente, los períodos climáticos señalados presentan períodos de transición entre el final y comienzo de una estación, así Cucalón (1986) menciona los meses de mayo y junio como el paso a la estación seca y noviembre y diciembre como el paso a la estación lluviosa. Sin embargo, Chavarría (com.

pers.) indica que estos períodos no son necesariamente aplicables al área de estudio.

Figura 3. Curva de la variación mensual de la precipitación en San Pedro (Estación Meteorológica CENAIM), durante el período 1999-2002



Fuente: Riofrío y Chavarría, 2002. ESPOLciencia (Póster)

Stevenson (1981), en un estudio realizado en el Golfo de Guayaquil, expresó que más del 95% de la precipitación anual cae durante la temporada de lluvias. La climatología (1993-2002, sin incluir 1997-1998) de precipitación de San Pedro (Fig. 3) concuerda con lo reportado por Stevenson, al presentar valores acumulados entre el 90% y 93% durante la época de lluvias.

Por la importancia que tienen los centros de alta presión, ubicados en el Pacífico Norte (PN) y Pacífico Sur (PS), en el movimiento meridional de la ZCIT, se describe brevemente el comportamiento de ellos según Moreano (1983):

A principios de año, cuando el centro de alta del PN (35° N, 140° W) está cercano al continente y el centro de alta del PS (30° S, 90° W) está al suroeste, existe una intensificación de los vientos alisios del noreste y un debilitamiento de aquellos del sureste y debido a esta diferencia de fuerza, la ZCIT se desplaza hacia el sur llegando hasta los 2° N. A mediados de año, la situación se invierte, y la ZCIT alcanza su máxima posición de 10° N. Pero luego es forzada a desplazarse hacia el sur por el centro de alta de los Azores (Bennett, 1966) y es solamente en octubre que la ZCIT está nuevamente en su posición más al norte

Esta circulación de vientos meridionales (del norte o sur) a la altura del ecuador, se ven debilitadas en los meses en que los afloramientos ecuatoriales están desarrollados, los cuales inducen a una circulación atmosférica zonal, con aire que viaja hacia el oeste (Pacífico Occidental) retornando una parte por la banda ecuatorial hacia el Pacífico Oriental (Philander, 1990, en Chavarría y Bayot, 1996).

2.3. RÉGIMEN OCEANOGRÁFICO DEL SECTOR

La figura 1 presenta una descripción gráfica de la distribución de corrientes en la región del Pacífico Oriental Tropical, relacionada al sistema de circulación ecuatorial frente a las costas ecuatorianas.

La región frente a las costas ecuatorianas corresponde a una zona de transición o de mezcla de las aguas correspondientes a los regímenes tropical y subtropical dominada por el *Frente Ecuatorial* (FE), caracterizado por gradientes termohalinos horizontales y verticales. Hacia el norte de esta área hallamos las aguas cálidas y poco salinas anexas a la Bahía de Panamá, que se extienden desde el Istmo de Panamá, cerca de 9° N, hasta la Península de Santa Elena cerca de 2° S (Cucalón, 1982). Hacia el sur, las aguas frías y salinas adyacentes a las costas de Perú fuertemente influenciadas por los afloramientos que ocurren a lo largo de ellas y que puede alcanzar la zona sur de Ecuador.

2.3.1. CORRIENTES Y MASAS DE AGUA

El *Agua Tropical Superficial* (ATS) propia de la región tropical nor-ecuatoriana está caracterizada por temperaturas superiores a 25° C y salinidades menores a 34 ups, resultado de un exceso de precipitación y descarga pluvial sobre evaporación. El límite meridional (borde sur) comprende desde la costa, al sur del ecuador, hasta el norte de las Islas Galápagos. Para la región ecuatoriana, las ATS están limitadas a una somera capa de mezcla, usualmente entre 20 y 50 m de profundidad (Wyrski, 1966).



La dinámica superficial de las masas de agua es respuesta principalmente a los vientos prevalecientes de la zona. Para el área de estudio, el movimiento norte-sur, de las ATS, es gobernado por el campo de vientos predominantes en el lugar.

Así, durante el período de fuertes alisios de noreste, fines de diciembre hasta abril, un remolino ciclónico en la Bahía de Panamá está fuertemente desarrollado. El ramal costero recibe el nombre de Corriente de Colombia y el ramal occidental con dirección sur Corriente de Panamá. Una parte de este flujo, que transporta las ATS, atraviesa la línea ecuatorial hacia el sur e invade las costas ecuatorianas conociéndose como *Corriente del Niño*, característica estacional de la circulación costera en este lado del Pacífico, que normalmente alcanza los 2° a 3° S (Wyrski, 1965, 1966), pudiendo alcanzar la costa norte de Perú, y que se caracteriza por una baja concentración de nutrientes (Okuda, *et al.*, 1983a, 1983b).

El *Agua Subtropical Superficial* (ASTS) se encuentra normalmente al sur de 4° S con salinidades superiores a 35 ups, en respuesta al exceso de evaporación sobre precipitación, con temperaturas que varían en un rango amplio de 15° a 28° C. Su borde norte, es identificado por la isohalina de 35 ups, la cual parte de la costa de Perú (cerca de 5° S) con



dirección oeste, bordeando el sur de las Islas Galápagos, continuando su trayectoria a lo largo del ecuador (Wyrтки, 1965, 1966).

En el lado oeste, esta agua exhibe temperaturas que pueden llegar a los 28° C, mientras que hacia el este el rango de temperaturas es amplio y está relacionado con las fluctuaciones estacionales de la corriente costera de Perú, la cual es más fuerte durante la estación seca y más débil en la estación húmeda. Así, se encuentran temperaturas mínimas en los meses de agosto y septiembre y máximas en los meses de febrero y marzo, respectivamente (Cucalón, 1982, 1986).

De observaciones en cruceros oceanográficos en el área marina sur del Ecuador se ha reportado ASTS con valores de temperatura entre 18° y 19° C y salinidades alrededor de 35 ups (Fig. 1).



CIB-ESPOI

Resultado de la convergencia de las dos masas de agua es la formación del *Frente Ecuatorial* (Enfield, 1976). Allauca (1990) observó a lo largo de la costa ecuatoriana la existencia de una extensión de este flujo, proveniente del sur con tendencia hacia el norte, al que llamó *Corriente Costanera Ecuatoriana*.

Al este de la Islas Galápagos, la *Corriente de Cromwell* o *Subcorriente Ecuatorial* (SCE) se halla bajo las aguas del FE (Knauss, 1966; White, 1969). En la zona sur del frente, esta corriente está asociada con un núcleo de alta salinidad, 35-35.1 ups y temperaturas de 13 a 15° C, a profundidades entre 70 y 150 m (Stevenson y Taft, 1971; Sonnenholtzner, 1993) que caracterizan al *Agua Ecuatorial Subsuperficial*, AESS, (Wyrтки, 1967).

La *SCE* fluye hacia el este a lo largo del Pacífico Ecuatorial a profundidades entre 50 m y 300 m (Knauss 1960, Wyrтки 1965b), al llegar el flujo a las Islas Galápagos, una parte aflora en el arco de islas y otra se bifurca al norte y sur de las Islas, dirigiéndose hacia el este, por un lado, supliendo los intensos afloramientos que ocurren a lo largo de la costa norte de Perú y borde sur del FE (Pak y Zeneveld, 1974; Moreano, 1983).



Cabe señalar, que estudios de determinación de masas de agua frente a las costas ecuatorianas, realizadas por instituciones como INOCAR e INP, han sido establecidas para aguas netamente oceánicas. En el caso de *El Pelado*, las masas de agua se encuentran influenciadas por aguas costeras por hallarse a pocas kilómetros de las costas continentales.

2.3.2. FRENTE ECUATORIAL

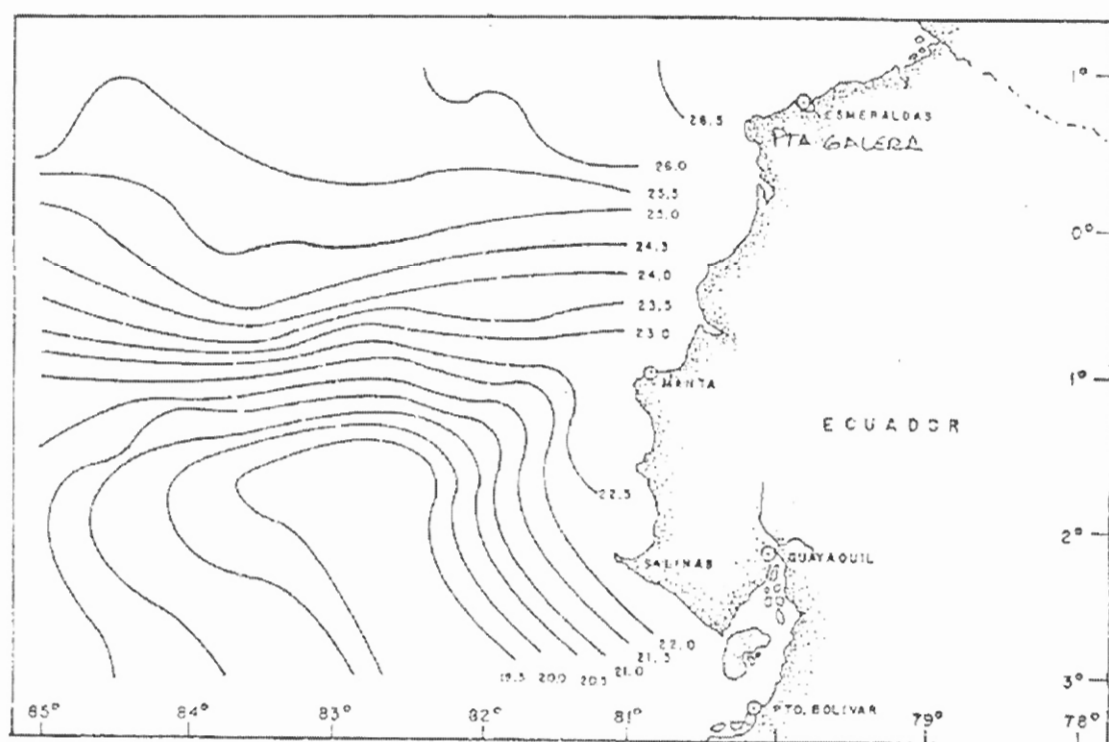
El FE considerado como una característica oceanográfica local importante (Fig. 4), fue estudiada por varios investigadores, entre ellos, Wyrcki 1965; Wooster, 1969; Zuta y Guillén, 1970; Stevenson y Taft 1971; Pak y Zeneveld, 1974.

Las masas de agua asociadas al FE fueron mencionados por Wyrcki (1966) como *Aguas Ecuatoriales Superficiales* y así han sido recogidas por diversos investigadores (Enfield, 1976, Okuda, *et al.*, 1983b, etc). Biológicamente el lado sur del frente presenta una alta concentración de nutrientes y una alta productividad (Okuda *et al.*, 1983a, 1983b). La intensidad del frente fue relacionado con la fuerza de la corriente de Perú y con la intensidad de los vientos superadyacentes, variando estacionalmente y de un año a otro (Stevenson, *et al.*, 1970).

En un estudio de los cambios de posición del Frente, Okuda, *et al.*, (1983), concluyeron que el FE se extendía desde la parte sur del Ecuador hacia el noroeste y que su movimiento es hacia el Norte durante la estación seca y que también podía llegar a estar paralelo al ecuador (distribución zonal). En esta oportunidad, el FE se lo localizó aproximadamente desde el ecuador hasta 3° 30'S, mostrando una amplia

variación estacional de su posición. Al respecto, Cucalón (1982).manifestó que el Frente Ecuatorial es evidente especialmente de julio a septiembre cuando se ubica en su posición más septentrional, hasta cerca de Punta Galera (al norte del ecuador). En cambio, durante la estación húmeda, su posición es impredecible, puede estar completamente ausente o débilmente formado intersectando las costas de Perú, pudiendo prolongarse hasta profundidades entre 30 y 40 m aproximadamente (a lo largo de 80° W frente a Ecuador).

Figura 4. Estructura típica del Frente Ecuatorial



Fuente: INOCAR (s..f.). en Cucalón (1986)



CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO DE MEDICIÓN Y SOFTWARE UTILIZADO PARA EL PROCESAMIENTO

Desde enero de 1992, CENAIM ha colectado semanalmente información ambiental (temperatura y salinidad) desde la superficie hasta 40 metros de profundidad en la Estación Oceanográfica *El Pelado*.

Obtención de los datos



Para medir los parámetros de temperatura y salinidad se utilizó el CTD ALEC Electronics ADR 1000. Este equipo posee un módulo, con sensores de temperatura, conductividad (salinidad) y presión (profundidad), que es desplazado hasta la profundidad deseada, dando a conocer las lecturas a través de una consola en superficie.

Inicialmente la lectura de las mediciones, por metro, se la realizaba en dos etapas, la primera registrando a profundidades pares durante el descenso del instrumento y la segunda a profundidades impares durante el ascenso. A partir del 2001 se estableció la modalidad de leer información de toda profundidad únicamente durante el descenso.

Para suplir mediciones no confiables de salinidad, desde noviembre del 2001 se trabajó paralelamente con un equipo YSI-85, con sensores de temperatura, conductividad y oxígeno disuelto (OD). Para su utilización, se requirió complementariamente de una botella muestreadora NANSSEN, para tomar muestras de agua cada 5 m hasta la profundidad de 40 m.

Procesamiento de los datos



CIB-ESPOL

Los datos de temperatura y salinidad han sido reportados a intervalos irregulares de profundidad, en general cada metro. Sin embargo, el procesamiento asumido ha sido el de documentar un registro cada 5 m, *intervalo considerado óptimo para la utilización del software y generar gráficos cuyas interpolaciones reflejan la estructura vertical real* (Chavarría, 2001). La base de datos así obtenida ha sido originalmente almacenada en archivos extensión XLS (MICROSOFT® EXCEL 2001).

Para el procesamiento gráfico, los datos fueron registrados en archivos extensión DAT para su interpretación por un software geoestadístico que permite la generación de isolíneas, como es el caso de las estructuras verticales térmicas, halinas, etc. Así, para la graficación de la evolución temporal de estas estructuras y de las climatologías se utilizó el programa de graficación de curvas de contornos SURFER®7 (Golden Software, 1999).



La rutina utilizada para la generación de la gradilla interpolada de datos (el elemento estadístico central del programa) fue el método geoestadístico Kriging (ver Cressie, 1990, en Golden Software 1999). Los gráficos Surfer con extensión SRF (gráficos finales de Surfer®), una vez creados, fueron exportados a formato GIF a través del mismo software. Las paletas de colores fueron grabadas en archivos con extensión LVL. Para la estructura térmica se utilizó un espectro de colores comparable con imágenes similares disponibles en internet (e.g. estructura térmica vertical Pacífico Ecuatorial del TAO Project Office/PMEL/NOAA), mientras que para las estructuras halina y de almacenamiento calórico se crearon nuevas paletas de colores.

Los datos complementarios, que permitieron recuperar la información correspondiente en *El Pelado* a partir de la Estación Oceanográfica Salinas, fueron procesados con el software *SeaSoft* de *Sea Bird Electronics* (SBE, Inc.) que interpreta los archivos con extensión HEX, generados por el perfilador SeaCat19. Información adicional de la Estación Salinas fue obtenida de bases

de datos conteniendo información de batitermógrafos Kahlsico y salinómetro de inducción Kahlsico RS-9, con precisión de 0.001(ups).

Para el análisis de series de tiempo se utilizó EXCEL 2001 y el software estadístico (STATISTICA™ Re 4.1).

3.2. OPTIMIZACIÓN Y SISTEMATIZACIÓN DE LA INFORMACIÓN

Optimización de los datos

En el año 2001 se realizó un primer diagnóstico de la información registrada en la Estación Oceanográfica *El Pelado*, reportándose ausencia de información durante algunos períodos y errores instrumentales en los datos de salinidad desde 1996.

Los períodos sin registros de mediciones se presentaron en el orden de semanas hasta meses desde 1992 hasta 1999, contabilizando alrededor del 20% de datos por recuperar (Tabla II). Mientras tanto, los datos almacenados se verificaron uno a uno y se corrigieron los errores de digitación.

Para corregir provisionalmente los errores de salinidad, se realizó un registro adicional con YSI-85 a partir de noviembre de 2001.

Tabla II. Cronología del número de semanas registradas y no registradas por el CTD, durante el período 1992 - 2002

Año	Semanas con registro	Semanas sin registro
1992	45	7
1993	45	7
1994	43	9
1995	44	8
1996	30	23
1997	33	19
1998	46	6
1999	46	6
2000	52	0
2001	52	0
2002	44*	0

*Hasta octubre

Elaboración: Mónica Riofrío



CIB-ESPOL

Para recuperar y optimizar la información de *El Pelado*, se utilizó los datos de la Estación Oceanográfica *Salinas*¹, disponibles hasta mayo de 2002. La información de *Salinas* fue obtenida mediante la utilización de varios instrumentos, cuya cronología se describe en la tabla III.

Las fechas de monitoreo en *Salinas* presentaron un desfase temporal de hasta ± 3 días con respecto a *El Pelado* (Fig. 5). Debido a la escasa coincidencia de fechas, en el desarrollo de este trabajo se manejó el concepto de que los registros representan la semana y no el día de medición.

¹ Ubicación: 81° 04'W, 2° 7'S, aprox. 20 millas al suroeste de *El Pelado*, período de muestreo: semanal (desde 1989), Intervalo vertical de muestreo: 0-100 m (cada 5 m)

Tabla III. Cronología de la utilización de los distintos instrumentos de medición de temperatura y salinidad en la Estación Oceanográfica *Salinas* (81° 04' W, 2° 07' S)

Período de medición ^a	Instrumento	Parámetros medidos
Abril/1989 - Julio/1993	Batitermógrafo 1, y Salinómetro	Perfil de temperatura, y salinidad superficial
Enero/1994 – Abril/1996	Batitermógrafo 2, y Salinómetro	
Agosto/1996 – Mayo/2002	Perfilador SeaCat 19	Perfiles de temperatura y salinidad

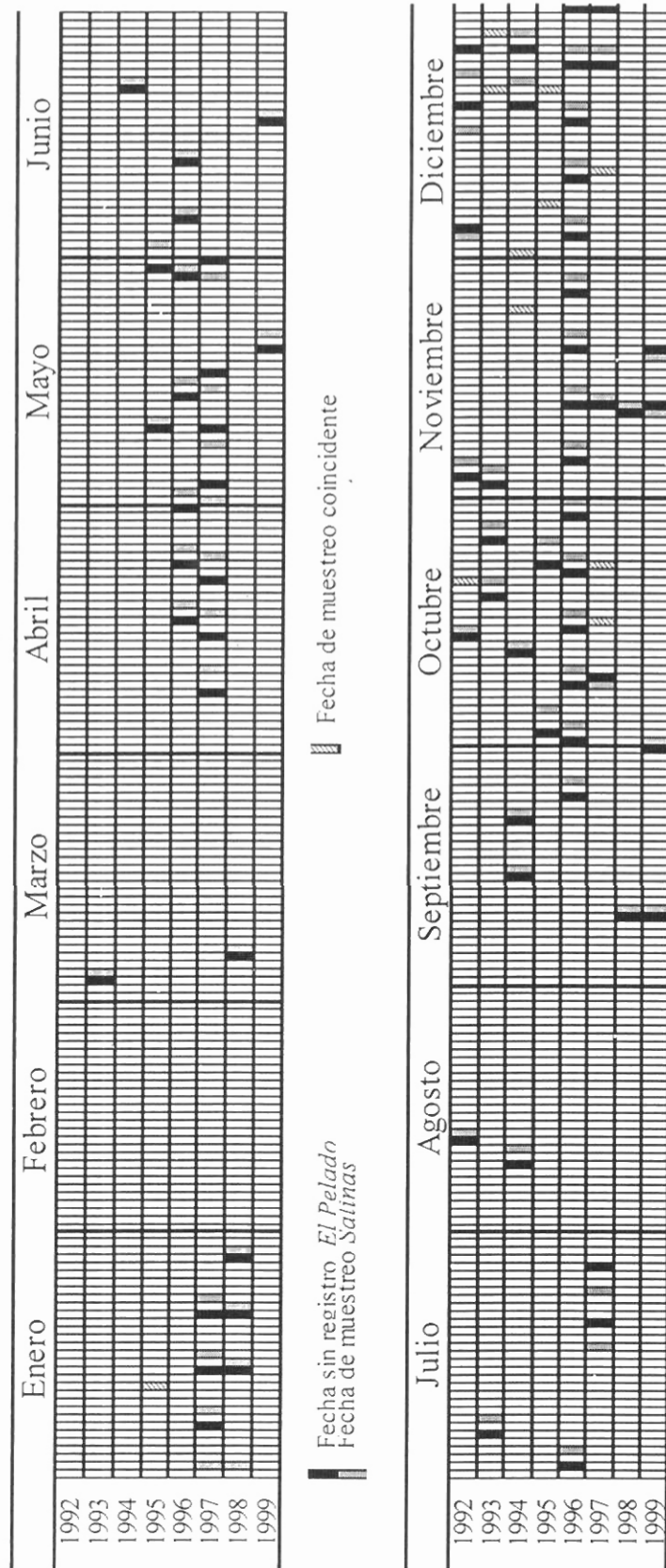
^a Los Batitermógrafos se descalibraron en los períodos comprendidos entre julio/93-enero/94 y mayo-agosto/96. En estos casos, únicamente se generaron datos superficiales de temperatura y salinidad

Elaboración: Mónica Riofrío

La similitud gráfica en el patrón de comportamiento de la estructura térmica entre *El Pelado* y *Salinas* (Chavarría, 2001) permitió relacionar los datos de las dos Estaciones.

En tal sentido, se determinó la curva que relaciona ambas series por el coeficiente de correlación de Pearson (r). Esta permitió predecir los segmentos de información faltante. Complementariamente, se realizaron perfiles de temperatura, salinidad y gráficos Temperatura-Salinidad (TS), para determinar la tendencia del comportamiento del parámetro a nivel puntual (semana) y realizar los ajustes necesarios. La metodología estuvo sustentada además en el conocimiento de la oceanografía local y regional.

Figura 5. Cronología de fechas con vacíos de información en *El Pelado* y su equivalente en *Salinas*



Elaboración: Mónica Riofrío

Con mediciones realizadas simultáneamente con otros instrumentos en la Estación *El Pelado*, se hicieron a su vez regresiones lineales entre los datos de temperatura del CTD ADR 1000 y del YSI – 85 de modo que permitieran suplir la ausencia de cualquiera de ellos en un momento dado. Igual procedimiento se realizó entre YSI – 85 y SeaCat 19.

Se utilizó además análisis de series de tiempo, para encontrar la tendencia en los datos de salinidad de *El Pelado*, obtenida de la comparación con los datos de Salinas.

Adicionalmente, en casos puntuales, se realizaron interpolaciones lineales de datos, principalmente para el caso de salinidad, puesto que en Salinas se contó con información subsuperficial de esta variable solo a partir de 1996. Los datos así obtenidos fueron calibrados con datos superficiales calculados por regresión, apoyados en la estructura térmica vertical.

Las series originales con vacíos de información y las series rellenadas, a los nueve niveles de profundidad (desde 0 a 40 m con intervalos de 5 m), fueron comparadas utilizando la prueba de la Distribución F (Data desk, versión 6).



Sistematización de la información

Para sistematizar la información, se actualizó el sistema anual de archivos denominado STEP (Series de Tiempo *El Pelado*) con cuatro hojas de trabajo, de datos originales y finales, semanales y promedios mensuales.

Cada hoja contiene datos de temperatura y salinidad en la columna de agua, a intervalos de 5 m, y el valor de la profundidad de la isoterma de 20° C.

Además, se completó el sistema de archivos SurferEP generados en SURFER, conservándose las series originales en la carpeta OldElPelado. Este sistema produce las imágenes finales en formato GIF que se difunden en internet.

3.3. ANÁLISIS DE MASAS DE AGUA



CIB-ESPOL

El análisis se basó en el método del triángulo de mezcla, utilizando las *aguas tipo* presentadas por Cucalón (1982) para las estaciones climáticas húmeda y cálida (Tabla IV). Con este fin, se procesaron gráficos TS según se cita a continuación:

1. Con serie completa de datos semanales (1992-2002)
2. Con datos semanales, por años
3. Con promedios semanales interanuales (climatología semanal)

- 4. Con promedios mensuales (climatología mensual)
- 5. Con datos semanales de meses considerados máximos climatológicos (febrero-marzo y agosto-septiembre) de todo el período de medición
- 6. Con datos semanales, por meses, integrando todos los años.

Tabla IV. Aguas Tipo frente a Ecuador por estación climática

Estación Climática	ATS Aguas Tropicales Superficiales	ASTS Aguas Subtropicales Superficiales	AESS Aguas Ecuatoriales Subsuperficiales
Húmeda	28° C, 33.7 ups	24° C, 35.5 ups	13° C, 35.1 ups
Seca	27° C, 33.4 ups	21° C, 35.3 ups	

Fuente: Oceanografía Física del Fenómeno de “El Niño” de 1976 (Cucalón 1982)

3.4. CÁLCULO DE ALMACENAMIENTO CALÓRICO

Se estimó el almacenamiento de calor en la columna de agua, en una escala de tiempo mensual, a partir del cálculo por capas de muestreo. La información por capas permitió también calcular la distribución climatológica vertical de ganancia y pérdida de calor. El procedimiento para el cálculo de calor se detalla en los siguientes pasos:

- 1. Cálculo de la densidad del agua ($\rho_{s,t,0}$) cada 5 m de profundidad, utilizando la ecuación

$$\sigma_t = \sigma_{s,t,0} = 10^3 (\rho_{s,t,0} - 1)$$

donde:

s = salinidad, t = temperatura

$\rho_{s,t,0}$ = densidad in situ referida a la superficie del mar

$\sigma_{s,t,0} = \sigma_t$ = sigma *in situ*

Para el cálculo de σ_t se utilizaron las expresiones de Knudsen (1901), Fortch *et al.*, y Ekman (1908):

$$\sigma_0 = -0.0934 + 0.8148 s - 5.83 \times 10^{-5} s^2 + 8.14 \times 10^{-7} s^3$$

$$\sigma_t = \Sigma_t + (\sigma_0 + 0.1324) [1 - A_t + B_t (\sigma_0 - 0.1324)]$$

$$\Sigma_t = [(t - 3.98)^2 / 503.570] [(t + 283) / (t + 67.26)]$$

$$A_t = 4.7867 \times 10^{-2} t - 9.8185 \times 10^{-5} t^2 + 1.0843 \times 10^{-6} t^3$$

$$B_t = 1.8030 \times 10^{-5} t - 8.164 \times 10^{-7} t^2 + 1.667 \times 10^{-8} t^3$$



2. Cálculo de la densidad promedio cada dos niveles (8 capas en 40 m)
3. Cálculo de la densidad promedio entre dos meses inmediatos por capa
4. Cálculo de la temperatura media cada dos niveles (8 capas)
5. Cálculo sucesivo de los incrementos de temperatura (ΔT) del mes en curso respecto al mes precedente, tomando como referencia los valores promedio de temperatura por capa
6. Cálculo del almacenamiento calórico (ΔH) mensual para cada capa, mediante la ecuación:

$$\Delta H = \rho c_p \Delta Z \Delta T, \text{ donde:}$$

ρ = densidad

c_p = calor específico

$\Delta Z = 500$ cm (espesor de la capa)

ΔT = Incremento mensual de temperatura

7. Cálculo del almacenamiento calórico mensual de la columna (sumatoria de todas las capas).

Adicionalmente se calculó una data mensual de temperaturas (promedio de la columna) referidas al promedio de todas las observaciones, con el objeto de comparar con los datos de almacenamiento calórico.

3.5. ANÁLISIS DE SERIES DE TIEMPO

3.5.1. ANÁLISIS EN EL DOMINIO DEL TIEMPO

Se calculó la climatología (promedios mensuales del período 1992-2002) para las estructuras térmica y halina subsuperficial, Temperatura Superficial del Mar (TSM), Salinidad Superficial del Mar (SSM), profundidad de la isoterma de 20° C (Iso20) y almacenamiento calórico.

Para los casos particulares de las series de TSM, SSM e Iso20, se calcularon las anomalías mensuales de los datos observados, respecto a las climatologías respectivas. Las anomalías fueron normalizadas utilizando las desviaciones estándar mensuales.

Para filtrar el ruido de alta frecuencia, se aplicó medias corridas para distintos intervalos de tiempo. Así por ejemplo, para analizar la serie de tiempo mensual de almacenamiento calórico, se aplicó una doble media corrida de tres meses. La serie resultante fue comparada gráficamente con la serie mensual de temperatura promedio de la columna de agua, la que recibió el mismo tratamiento.

3.5.2. ANÁLISIS EN EL DOMINIO DE LAS FRECUENCIAS

Se realizó un análisis espectral a las series semanales de anomalías de TSM, SSM e Iso20.



Las series TSM y SSM pertenecen al período 1992-2002 (564 datos por serie), mientras que la de Iso20 pertenece al período junio 5 –1998 a diciembre –2001 con 186 datos. Esta última serie fue seleccionada en función de la mayor longitud de datos continuos reportados en los límites de la columna de 0 a 40 m durante el período de mediciones en *El Pelado*.

Todas las densidades espectrales fueron filtradas utilizando la ventana espectral de Hamming ($n=7$). En adición, se calcularon los intervalos de confianza (90%) para cada una de ellas.

Las oscilaciones que este análisis detectó se encuentran en un rango entre $2\Delta t$ (frecuencia Nyquist), donde Δt es el intervalo de muestreo, y longitud de la serie de tiempo/ 10 (Jenkins, 1968)

Para las series TSM y SSM, este rango se encontró entre 2 y 56 semanas (13 meses). Para la serie Iso20, el rango se ubicó entre 2 y 18 semanas (4 meses).

Para el procesamiento se utilizó el software Statistica, versión 4.1.

CAPÍTULO IV

OPTIMIZACIÓN DE LA INFORMACIÓN

El análisis de las condiciones regionales realizado en el Capítulo II, muestra que el área de estudio y en consecuencia los datos generados, están influenciados por la variabilidad climática en distintas escalas de tiempo, cuya identificación es importante en el proceso de optimización, *e.g.* bajo condiciones *El Niño* dada la cercanía de Salinas con *El Pelado* y la homogenización de la columna de agua en una gran extensión oceánica, las condiciones en las dos localidades geográficas son prácticamente iguales; en otro ejemplo, durante *La Niña*, generalmente se observa la participación de dos masas de agua predominantes por períodos prolongados, lo que puede ser utilizado para la predicción de salinidad a partir de temperatura. En tal sentido, como una herramienta conceptual para la optimización, en la tabla V se presenta las características climáticas más relevantes para el período analizado. Se puede observar que las condiciones reportadas para el Pacífico Tropical occidental-central (Climate Prediction Center, 2003) no necesariamente coinciden con aquellas observadas en el área regional local.



Tabla V. Condiciones ENOS en el Pacífico Tropical Occidental-Central y Area Niño 1+2

	*Pacífico Tropical:180°W– 150°W				**Area Niño 1+2: 0° –10° S, Costa Sudamérica - 90° W			
	EFM	AMJ	JAS	OND	EFM	AMJ	JAS	OND
1992	W+	W+	W-	W-	W	W	N	N
1993	W-	W	W	W-	W-	W-	N	N
1994	N	N	W	W	N	N	N	W-
1995	W	N	N	C-	W-	C-	N	N
1996	C-	N	N	N	N	C+	C+	C
1997	N	W	W+	W+	N	W	W+	W+
1998	W+	W	C-	C	W+	W+	W-	N
1999	C+	C	C-	C	N	C-	C+	C-
2000	C	C-	N	C-	N	N	C-	N
2001	C-	N	N	N	N	N	C-	C
2002	N	W-	W	W	N	N	C-	N

Leyenda: C: episodio La Niña; W: episodio El Niño; (-) débil; () moderado; (+) fuerte; (N) neutro

Fuentes: *Climate Prediction Center

(www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ensoyears.html)

** Chavarria y Riofrio, 2003 (no publicado)

4.1. SERIE DE TIEMPO DE TEMPERATURA

La base de la información calculada para suplir los vacíos hallados en *El Pelado*, corresponde principalmente a la información registrada en *Salinas*.

Tomando en consideración la naturaleza de los registros de temperatura de la estación Salinas, los cuales fueron obtenidos utilizando tres instrumentos, se

estableció hacer un análisis de correlación con los datos de la estación *El Pelado*, en virtud de los periodos de uso de cada uno de estos instrumentos. De esta forma se secciona la data en tres partes o periodos (BT1, BT2 y SC), respectivamente, rigiéndose por los periodos de uso de los diferentes instrumentos en *Salinas* (Tabla VI).

Tabla VI. Periodos de mediciones de *El Pelado* según periodos de uso de los distintos instrumentos de medición en Salinas

Instrumento	Período de medición	Número de registros
BT1	Enero 8 / 92 – Julio 21 / 93	72 semanas: 648 datos
BT2	Enero 25 / 94 – Abril 9 / 96	99 semanas: 891 datos
SC	* Agosto 23 / 96 – Diciembre 2 / 99	127 semanas: 1143 datos

*Período de información disponible en el momento del procesamiento.

Leyenda: BT1: Batitermógrafo 1, BT2: Batitermógrafo 2, SC: Seacat 19

Elaboración: Mónica Riofrío

Se hizo un tratamiento diferenciado de la información proveniente de cada instrumento. Según Chavarría (com. pers.) los batitermógrafos tuvieron un período de vida, al final del cual presentaban errores en las mediciones, por lo que la información era sometida a un proceso correctivo.

Se calculó la correlación de las series y se realizaron regresiones de tipo lineal, potencial y exponencial, para hallar la curva que mejor ajuste al conjunto de datos, previamente se corrigieron aquellos puntos que gráficamente mostraban

errores muy evidentes o *outliers*³. Las tres alternativas presentaron valores similares de r para los tres períodos instrumentales (Tabla VII).

Tabla VII. Correlación r entre registros de temperatura de estación *El Pelado* y estación *Salinas*, según el tipo de regresión, para cada período instrumental

Instrumento	Lineal	Potencial	Exponencial
BT1	0.8414	0.8348	0.8354
BT2	0.8100	0.8081	0.8065
SC	0.9248	0.9212	0.9214

Leyenda: r : coeficiente de correlación de Pearson

Elaboración: Mónica Riofrío



La mejor correlación (Tabla VII) se presentó para la curva que establece una relación lineal entre las series de datos. Esto indicaba que debido a la proximidad geográfica de las estaciones (37 Km), éstas responden básicamente a los mismos eventos oceánicos, y que no existe una desviación de alguna de las *datas* que pudiera atribuirse a razones de tipo instrumental. Sin embargo, se debe destacar que un porcentaje de la variación no es justificado por la correlación entre las series, lo que se puede explicar a través del hecho de que el monitoreo en escasas ocasiones coincide cronológicamente en las dos estaciones. Esto obviamente afecta a los datos, puesto que se ha reportado oscilaciones (Chiriguaya y Burgos, 1990) de alta frecuencia (ondas internas) que afectan la estructura vertical en periodicidades inferiores a la diferencia de fecha entre la realización de las mediciones en las dos estaciones.

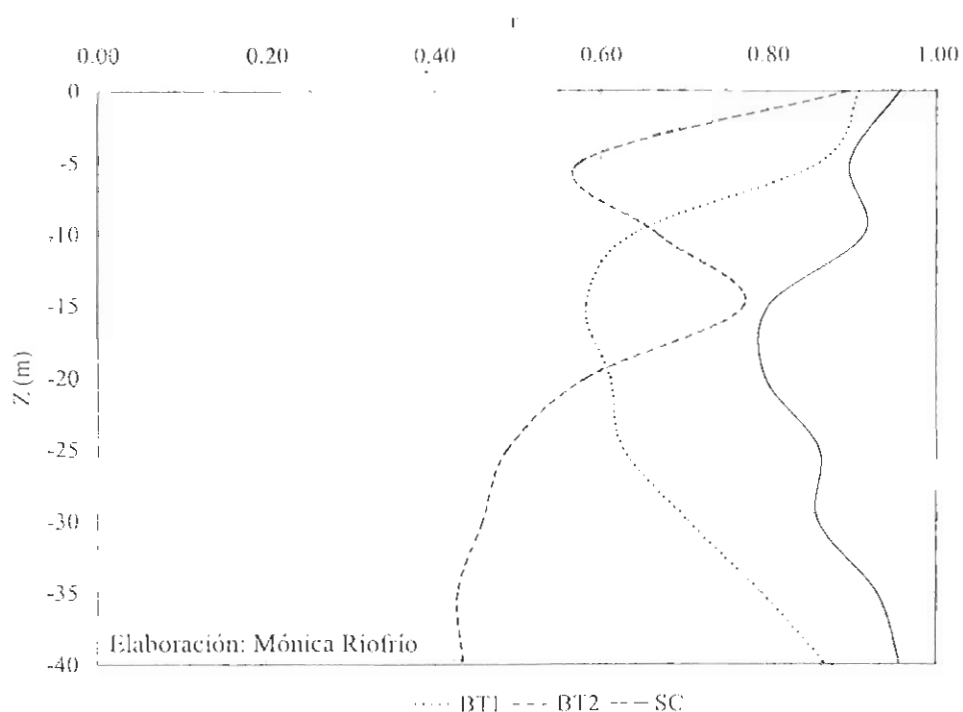
³ Puntos que pueden corresponder a algún comportamiento anormal, errores de medición o instrumentales.

Por otro lado, la diferencia de correlación entre períodos en que se ha realizado el monitoreo con instrumentos distintos puede ser explicada por la coincidencia de las fechas con estructuras físicas dominadas por diferentes fases de ENSO (Tabla V). Así, la fase de utilización de BT1 estuvo dominada por condiciones cálidas que expresan una columna de agua más homogénea de manera similar al período de uso de SC, el que a su vez presenta un mayor número de pares de datos de correlación que se refleja en un mejor ajuste de la curva y consecuentemente de r . Por el contrario, el período de uso del BT2 coincide principalmente con condiciones frías *La Niña*, que se caracteriza por una termoclina superficial y altamente fluctuante que se manifiesta como una mayor oportunidad para encontrar diferencias entre los dos conjuntos de datos.

Lo expresado anteriormente indicó que la principal causa que afectaba la correlación entre las series se presentaba en el sector de la termoclina, por las oscilaciones verticales de alta frecuencia; mientras que, se esperaban menores variaciones en la superficie y en el fondo. Al respecto, Chiriguaya y Burgos (1990) reportaron ondas internas con manifestaciones en los parámetros físicos y químicos en una estación oceanográfica de 50 m de profundidad, ubicada en $2^{\circ} 59.42' S - 81^{\circ}40.92' W$ (al suroeste de Salinas), expresando que la termoclina sufrió marcados ascensos y descensos en el período de 12 horas de duración de las mediciones en la estación fija. Manifestando, además, que en las capas superficial y de fondo las condiciones fueron más homogéneas.

A partir de esta teoría, se realizó cálculos de correlación por nivel (cada 5 m) para los tres periodos instrumentales (Fig. 6).

Figura 6. Variación vertical inicial de los coeficientes de correlación (r) de temperatura de los registros de Salinas-El Pelado, por período instrumental



Se observó que la variación vertical de correlaciones para los periodos BT1 y SC se establecía de acuerdo a lo esperado, excepto BT2 que presentaba un comportamiento no definido. Esto último condujo a pensar que además del problema de oscilación a nivel de la termoclina, el instrumento BT2 podría también presentar algún inconveniente de funcionamiento en algún intervalo de tiempo del registro.

Las más altas correlaciones con profundidad se estableció entre el SEACAT y ADR1000 (Fig. 6), demostrándose con ello que para este período la curva de regresión que relaciona los datos verticales de ambas estaciones era apropiado para predecir los vacíos de información respectivos.

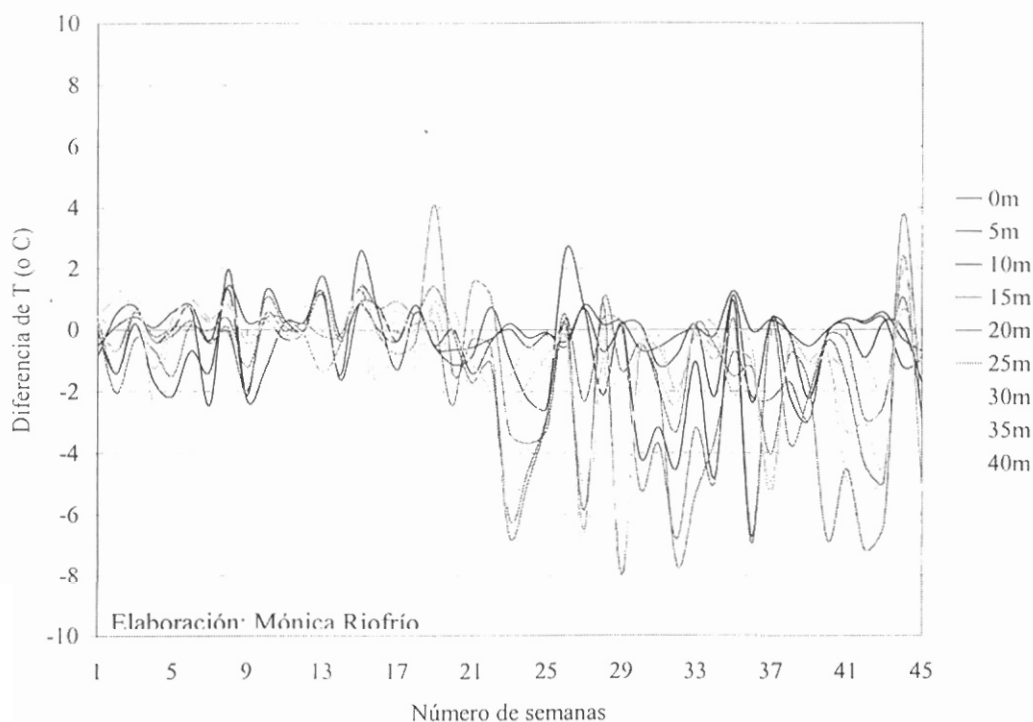
Los gráficos de dispersión por niveles, permitieron identificar con mejor detalle los puntos incongruentes que no se observaron al graficar los puntos de toda la columna de agua. Muchos de estos puntos errados se debían a fallas de digitación de los datos originales.

Con estos antecedentes, únicamente para fines de regresión, se decidió utilizar la información de la estación *Salinas* que no había sido sometida a un proceso de corrección. Así, el año 92 del período BT1 y el año 94 del período BT2 fueron escogidos como fuente de información más confiable para los respectivos períodos. Esta hipótesis fue confirmada cuando los valores de los coeficientes de correlación para estos dos años resultaron mejores que los obtenidos para el período BT1 y BT2 (Tabla VIII).

Aunque se encontró mejores correlaciones en los años 92 y 94, se pudo observar la existencia de puntos que se excluían sustancialmente del grupo. en los gráficos de dispersión. Para justificar este comportamiento se estudió la evolución temporal de las diferencias de temperatura de *Salinas* con respecto a

El Pelado en ambos años, puesto que las diferencias no parecían responder a errores de medición o digitación (Fig. 7 y 8).

Figura 7. Evolución temporal de las diferencias de temperatura de Salinas con respecto a *El Pelado* en 1992

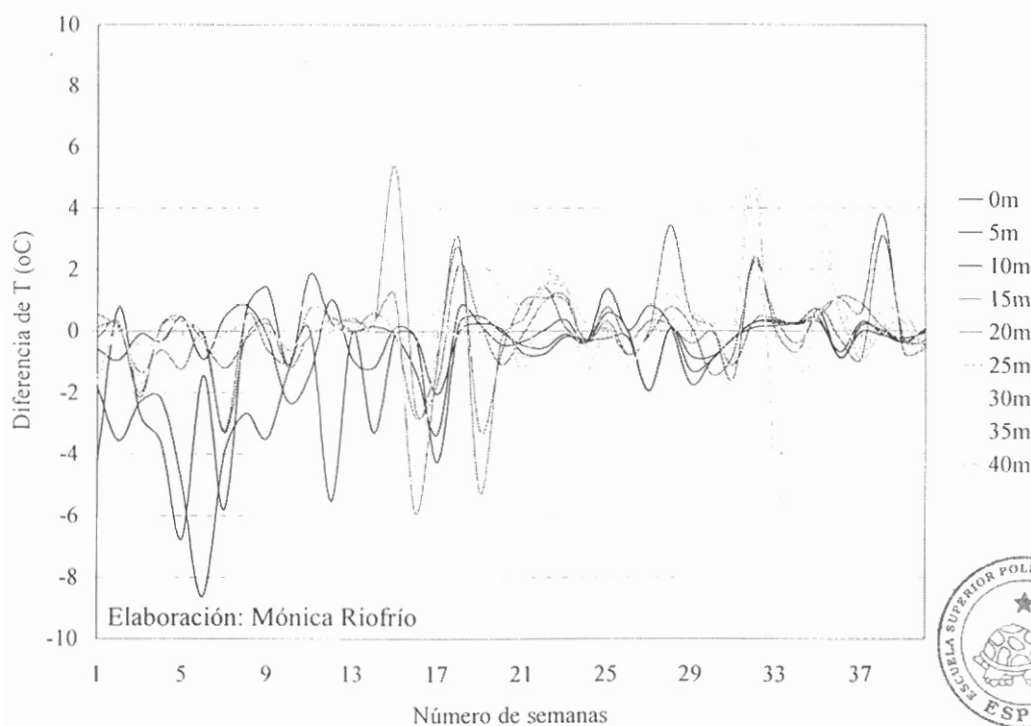


En el año 92 (Fig. 7), se observó un comportamiento estacional de las diferencias. En la estación húmeda la diferencia de temperatura en la columna se encontró en el rango entre $\pm 2^{\circ}\text{C}$, durante este período se observó la ocurrencia de un evento El Niño moderado indicando condiciones más homogéneas en el área común a las dos estaciones oceanográficas. Mientras que en la estación seca, las diferencias de temperatura en la columna oscilaron principalmente entre $+2^{\circ}$ y -8°C . Las diferencias negativas indicaban que las

temperaturas de la columna de agua de *El Pelado* eran mayores (más calientes) que en la columna de agua de *Salinas*.

Para el año 94 (Fig. 8), el rango de variación de temperatura en los diferentes niveles se estableció principalmente entre $+1.5^{\circ}\text{C}$ y -1.5°C , excepto algunos casos que oscilaron entre los valores extremos de $+6^{\circ}\text{C}$ y -9°C .

Figura 8. Variación temporal de las diferencias de temperatura de *Salinas* con respecto a *El Pelado* en 1994



Los resultados de la figura 7 y 8 permitieron reconocer la presencia aleatoria de datos puntuales extremos existentes en ciertos niveles, respondiendo en unos casos a la diferencia en el tiempo y otros a la diferencia en el espacio de las dos

estaciones, moduladas adicionalmente por las condiciones climatológicas e interanuales.

Para propósitos de regresión, se excluyó los valores extremos en cada nivel para contar con la mayor cantidad de puntos, con lo cual las diferencias normalizadas se las restringió a aquellas que se encuentren dentro de un rango de $\pm 2.6 \sigma$ (σ : desviación estándar) que equivale a salvar el 99.7% de los datos involucrados.

De este análisis se reconocieron como valores extremos 10 datos del año 92 y 15 datos del año 94. Bajo este tratamiento, los coeficientes de correlación calculados por nivel oscilaron entre 0.7 y 0.9 (Fig. 9), mientras que los coeficientes de correlación considerando la columna para ambas series resultaron próximos a 0.9 (Tabla VIII). Las gráficas de dispersión de estos últimos registros se presentan en las figuras 10 y 11. Las ecuaciones de regresión obtenidas fueron aplicadas para hallar los vacíos en los períodos correspondientes al uso del Batitermógrafo 1 y 2, respectivamente. En la figura 12 se incluye el gráfico de dispersión del período correspondiente al uso del Seacat 19.

Figura 9. Variación vertical final de los coeficientes de correlación (r) de temperatura de los registros de *Salinas-El Pelado*, por período instrumental

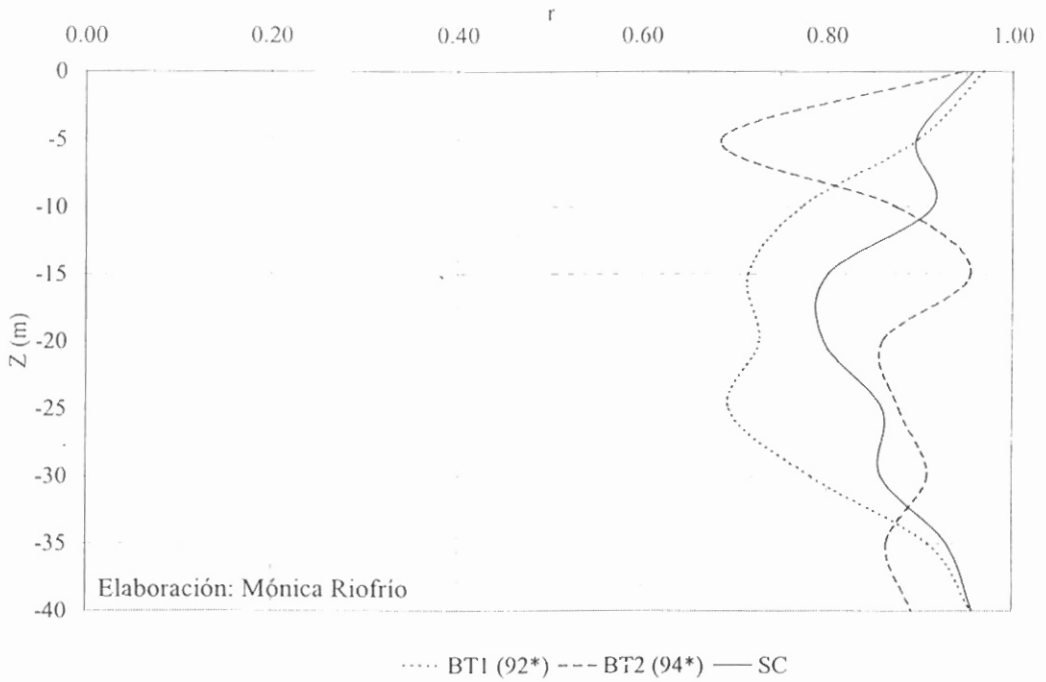


Tabla VIII. Evolución de los coeficientes de correlación por período instrumental

Período Instrumental	r
BT1	0.8414
BT1 final	0.8828
BT2	0.8100
BT2 final	0.9309

Elaboración: Mónica Riofrío

Figura 10. Curva de Regresión Final para predecir vacíos del primer período instrumental

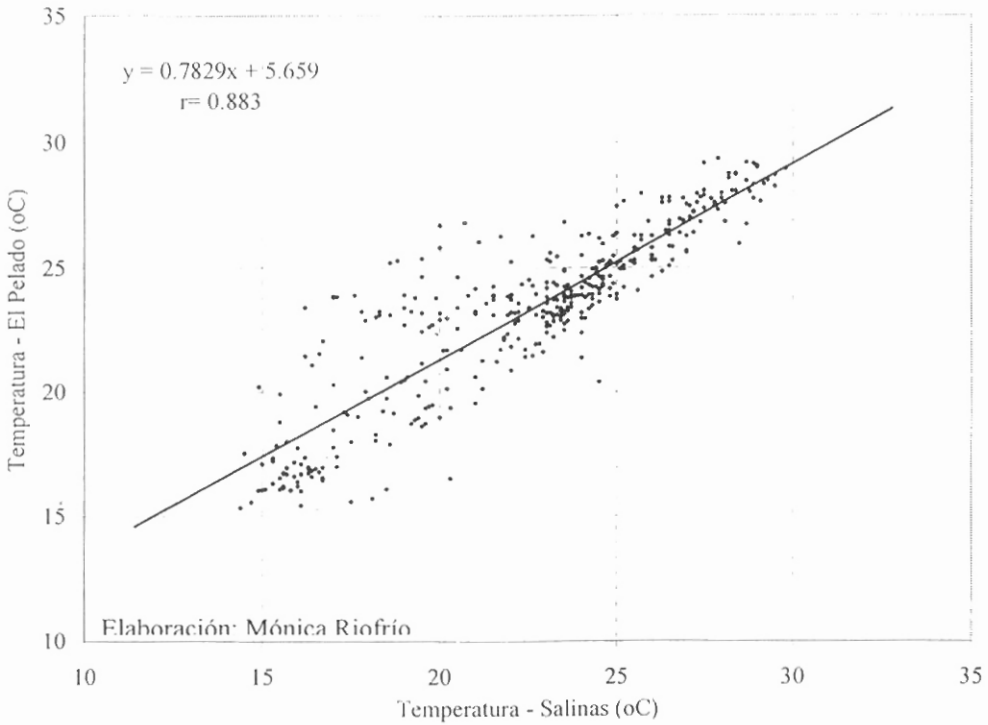
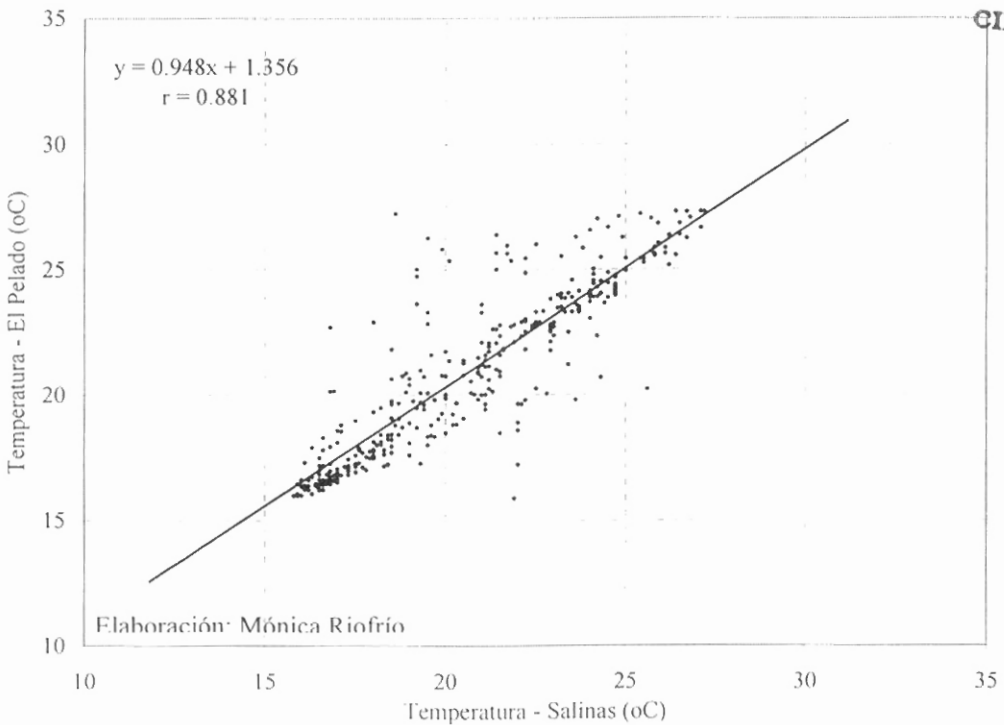
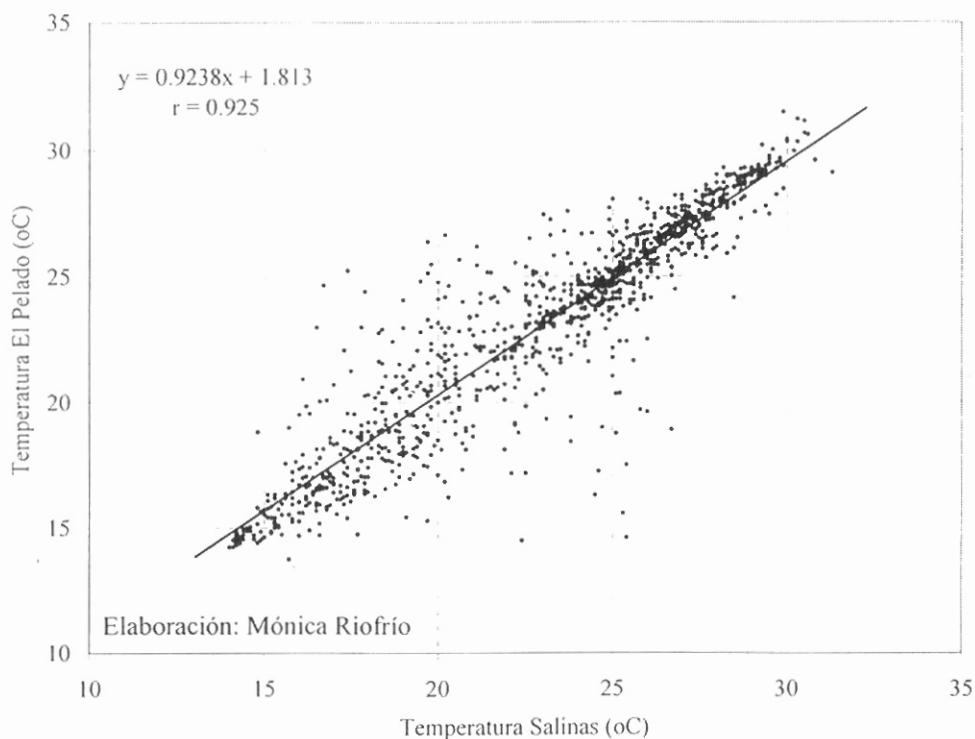


Figura 11. Curva de Regresión Final para predecir vacíos del segundo período instrumental



CIB-ESPOL

Figura 12. Curva de regresión para predecir vacíos del tercer período instrumental

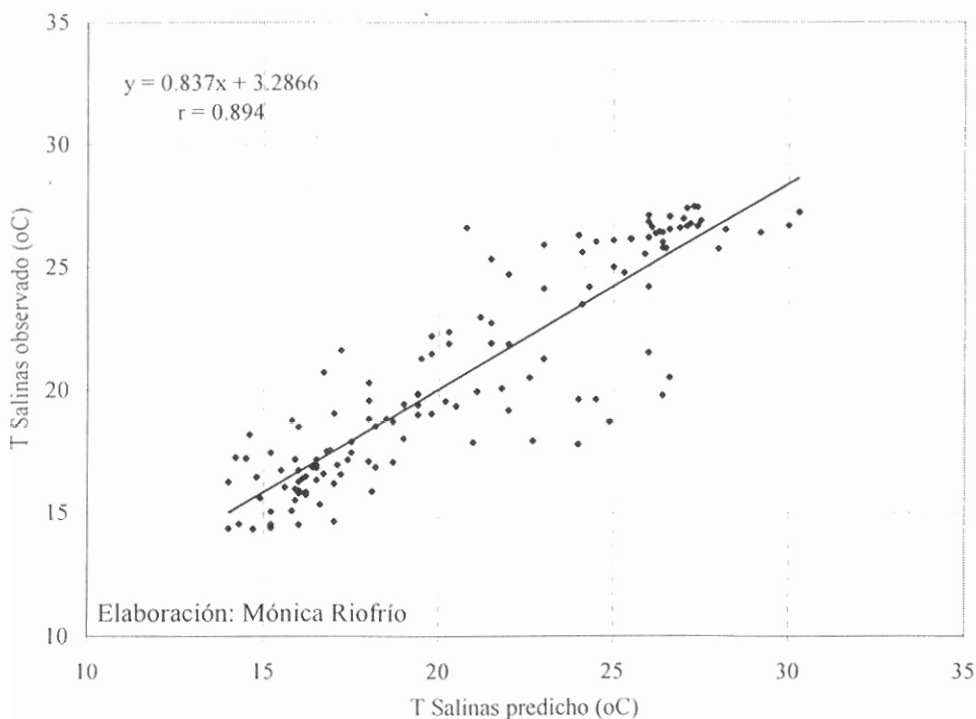


Para comprobar que los valores encontrados eran los indicados, se compararon los perfiles interpolados y perfiles predichos con el observado en *Salinas*. De esto se observó que el perfil predicho con regresión mostraba una mejor aproximación a lo real. Consecuentemente, el proceso de interpolación se utilizó exclusivamente en los casos en que únicamente se contó con datos superficiales en *Salinas*.

Para casos puntuales de vacíos en *El Pelado*, como Abril 18 y 25 de 1996, en que los datos de *Salinas* no eran confiables por fallas en el BT2, se realizó el proceso inverso de regresión para obtener los datos de *Salinas*, y obtener una

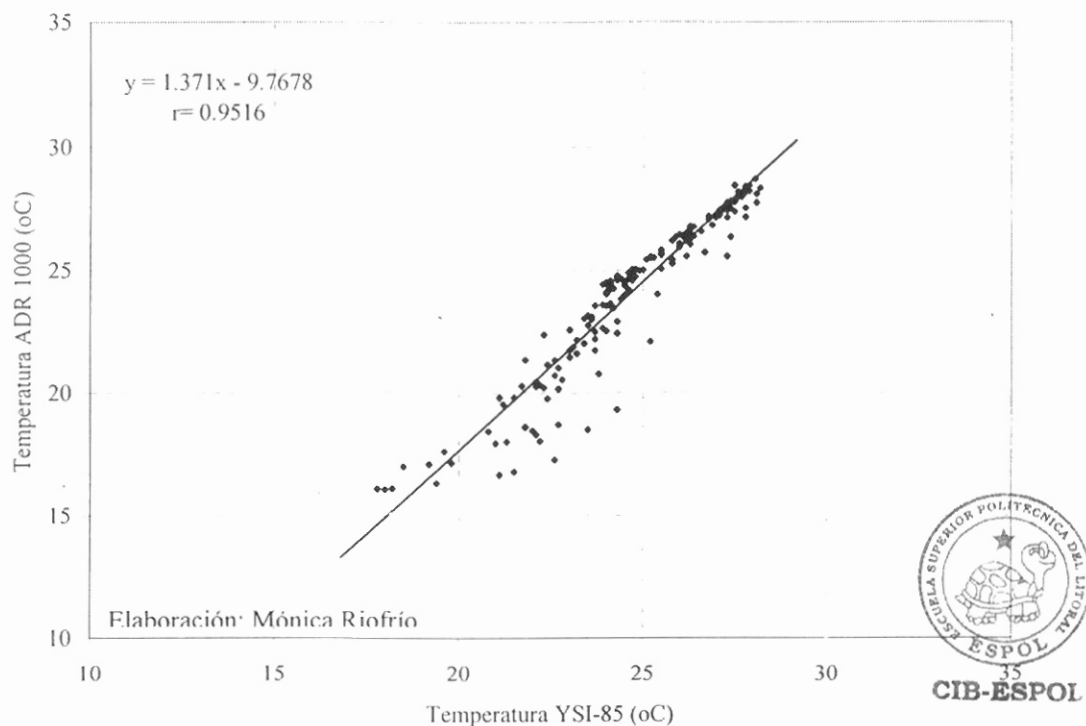
serie comparativa a la de datos observados para el período enero a abril de 1996. Estos datos fueron sometidos a un proceso de regresión (Fig. 13) permitiendo encontrar datos corregidos de *Salinas* utilizables en la predicción de *El Pelado*.

Figura 13. Curva de regresión utilizando datos de Salinas de enero a abril de 1996



Finalmente datos de temperatura del período abril-agosto del año 2002 (ADR 1000 fuera de funcionamiento) fueron predichos utilizando una nueva regresión (Fig. 14) calculada con las mediciones tomadas simultáneamente con YSI-85 y ADR 1000 desde noviembre del 2001 hasta marzo del 2002.

Figura 14. Curva de regresión de temperatura con datos medidos con ADR 1000 y YSI-85 desde noviembre del 2001 a marzo del 2002 en la Estación *El Pelado*



Se observa que en los primeros niveles, los puntos se encuentran concentrados alrededor de la línea de tendencia pero en los últimos niveles los puntos se hallan más dispersos. Esto es producto de la variabilidad en la pérdida de profundidad por inclinación del cable, al descender la botella muestreadora, a causa de corrientes de fondo, produciendo que se tome la muestra a menor profundidad que la del cable filado.

4.2. SERIE DE TIEMPO DE SALINIDAD

El tratamiento de la serie de salinidad para la obtención de los datos faltantes fue realizado de manera diferente a la serie de temperatura dado que la estación *Salinas* solo contaba con información superficial hasta 1996, y al menos desde 1997 los datos medidos de salinidad no eran confiables pues *mostraban serias incoherencias con los valores esperados*, según lo expresado por Chavarría en el informe *El Pelado* 2001. Por esta razón, a partir de noviembre del 2001, se midió salinidad con el YSI-85 de manera simultánea con el ADR1000.

El detalle de cómo se realizó la recuperación y optimización de la serie de salinidad se explica a continuación:

Para efectos de predicción, se elaboró gráficos anuales de dispersión TS (salinidad vs temperatura) o de masas de agua con datos de *El Pelado*, trazando sobre ellas curvas lineales de regresión para facilitar la identificación de las masas de agua típicas presentes en relación con la condición climática predominante. La formación permanente de un triángulo de puntos (tres masas de agua) para todos los años evidenció que la curva de regresión trazada era insuficiente para mediar el conjunto de datos graficados razón por la cual los coeficientes de correlación resultaban muy bajos (Tabla IX).

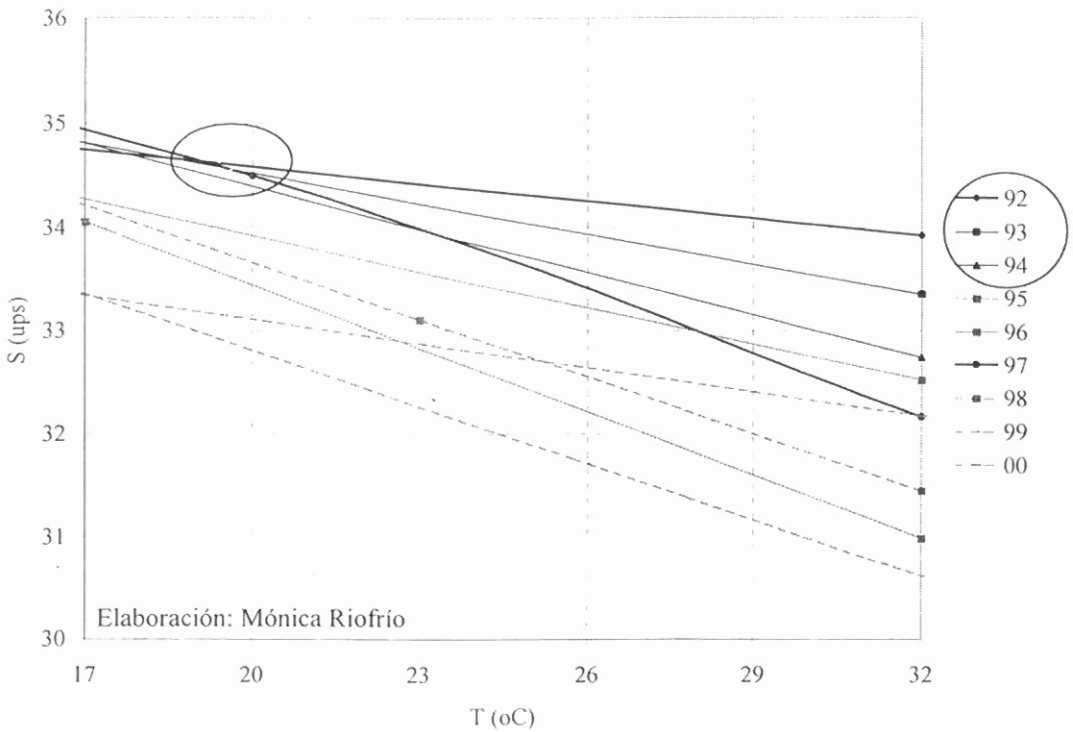
Tabla IX. Correlaciones lineales a partir de gráficos TS con mediciones de estación
El Pelado

Año	<i>r</i>
1992	0.4253
1993	0.5012
1994	0.8234
1995	0.6042
1996	0.7786
1997	0.503
1998	0.7342
1999	0.7308
2000	0.4483

Elaboración: Mónica Riofrío

Al no ser posible utilizar las curvas de regresión, extraídas de los gráficos TS, para predecir salinidad, se hizo un análisis del conjunto anual de rectas de regresión (Fig. 15) para tratar de identificar aquellos años en donde el ADR1000 registró adecuadamente. Se observó que las rectas correspondientes al período de 1992 a 1994 intersectan en el punto de las más bajas temperaturas, como era de esperarse puesto que la masa de agua varían poco en el fondo, en el transcurso del año. En cambio en las más altas temperaturas, relacionadas con la capa de mezcla superficial, no se observó coincidencia entre las rectas, un indicativo de la afluencia de masas de agua de características variadas. Esto indicaba que por lo menos de 1992 a 1994 existían indicios del funcionamiento adecuado del sensor de salinidad.

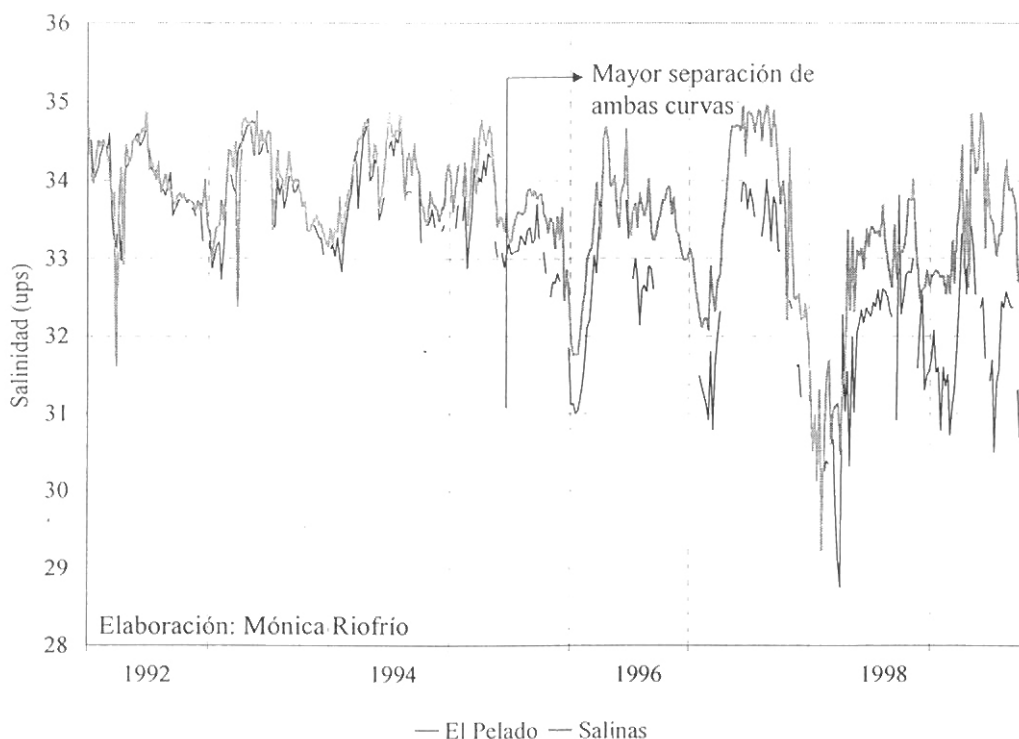
Figura 15. Rectas de regresión de los gráficos TS de *El Pelado* desde 1992 al 2000



Con tales indicios, se graficó a la vez las serie de tiempo de salinidad superficial de *El Pelado* y de *Salinas*, desde 1992 hasta 1999, con el fin de conocer cuan semejante resultaba el rango de una curva con respecto a la otra. Se observó (Fig. 16) que desde 1992 hasta mediados de 1995 las curvas estaban bastante cercanas o coincidentes. Luego de este período las curvas se distanciaban paulatinamente, manteniendo este comportamiento en los años posteriores.

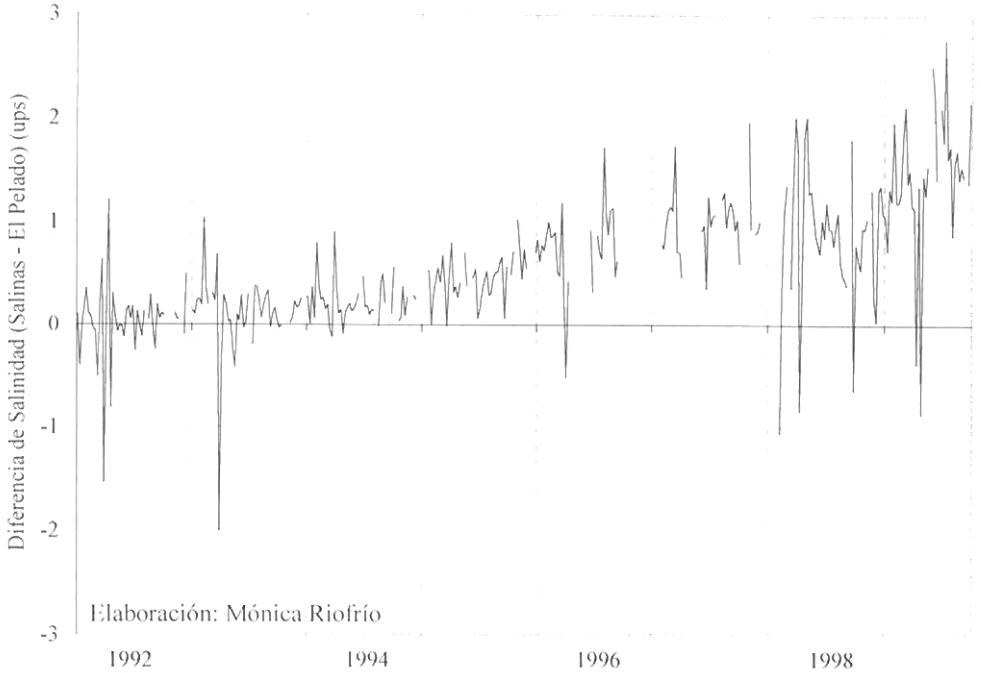


Figura 16. Variación semanal de Salinidad Superficial del Mar de Estación *El Pelado* y Estación *Salinas* desde 1992 hasta 1999



Para visualizar el rango de diferencia de salinidades entre las dos estaciones se graficó la diferencia de *Salinas* con respecto a *El Pelado* (Fig. 17), observándose que hasta los primeros meses de 1995, la variabilidad oscila alrededor de una media de cero, mientras que después de esta fecha oscila sobre una tendencia positiva. Se observó que en general, *Salinas* tiende a ser más salino que *El Pelado* puesto que las diferencias son mayoritariamente positivas.

Figura 17. Variación semanal de la diferencia de Salinidad Superficial del Mar de *Salinas* con respecto a *El Pelado* para el período 1992-1999



Para corroborar el período estimado de inicio de mediciones erróneas de salinidad, se graficó la salinidad superficial del mar de *El Pelado*, desde 1992 hasta el 2001, suavizando la curva con medias móviles de tres semanas (eliminación de las oscilaciones quincenales o ruido). De esta manera se confirmó que el período de desajuste del instrumento en las mediciones se inició desde 1995 (Figura 18).

La representación gráfica de la tendencia se la halló promediando la salinidad para obtener medias anuales de la superficie, de la columna de agua y del nivel de 40 m (Fig. 19).

Figura 18. Media móvil de tres semanas aplicado a la variación semanal de salinidad superficial del mar de la Estación *El Pelado* en el período 1992 al 2001

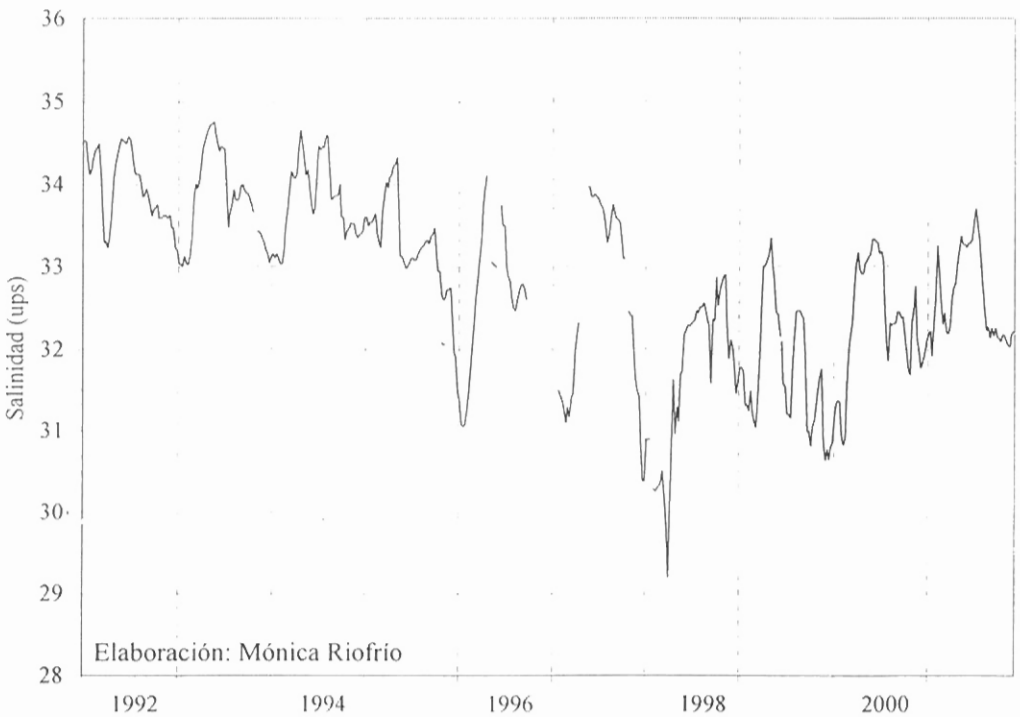
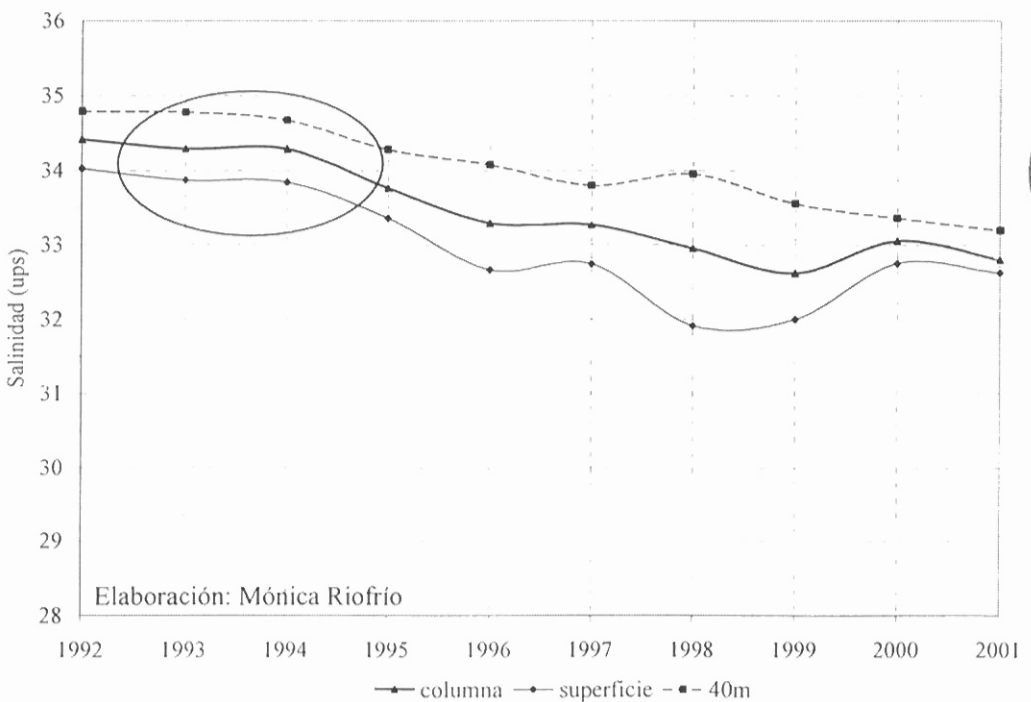


Figura 19. Variación anual de los promedios de salinidad en superficie, columna de agua y a 40 m de profundidad, para el período 1992 al 2001



Guiados por el paralelismo que ofrecen las curvas de promedios anuales (Fig. 19), se asumió que la sensibilidad del ADR1000 no estaba siendo afectada por la profundidad, dado que la tendencia se mantuvo en las tres. Al observar la curva central, que integra la salinidad de la columna de agua, se aprecia el origen de una tendencia desde el año 1995.

La relación matemática que describe el comportamiento de la curva de salinidad desde 1995 hasta el 2001 (Fig. 20), fue calculada en base a las diferencias con los promedios anuales de salinidad media de la columna, en referencia a 1994 (error cero), Esta curva fue sumada a los datos semanales de salinidad hallando nuevos promedios corregidos para las tres curvas (Fig. 21).

Figura 20. Curva de tendencia de los promedios anuales de salinidad de la columna respecto al promedio anual de 1994, para el período 1995 al 2001

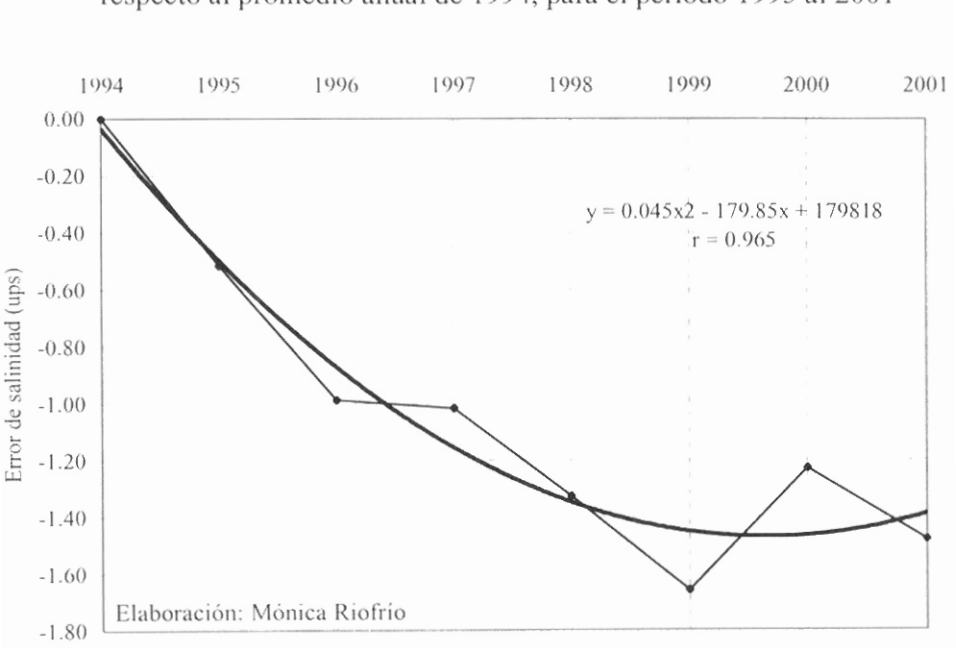
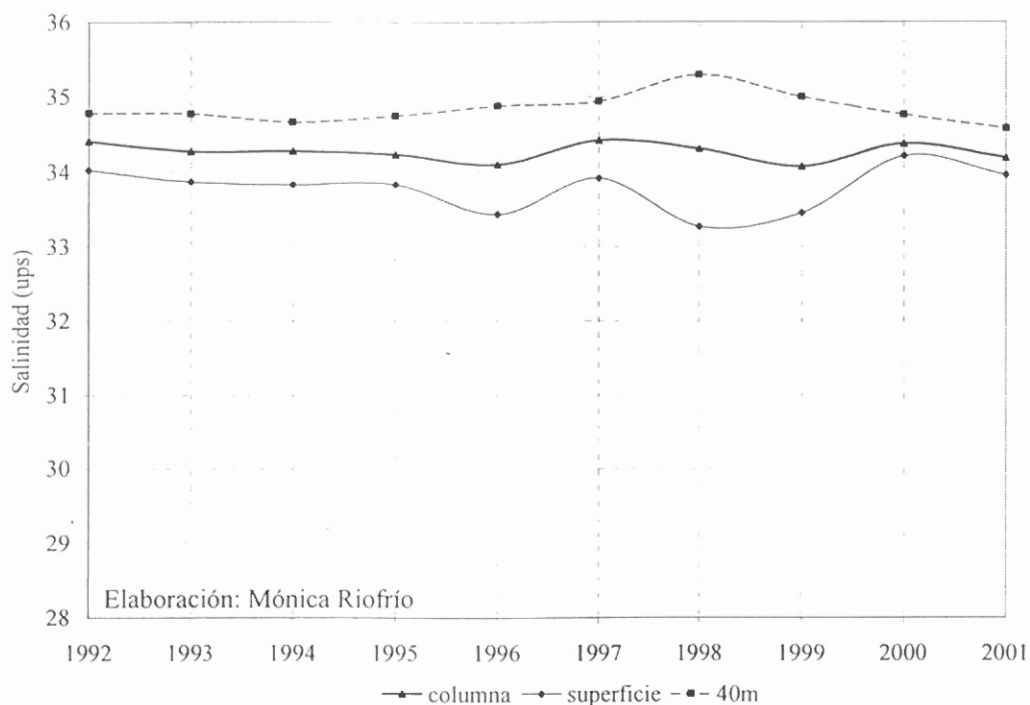


Figura 21. Variación anual de los promedios de salinidad, eliminando la tendencia, para el período 1992 al 2001, en estación *El Pelado*



La corrección en los datos de salinidad desde 1995 al 2001, permitió eliminar la tendencia sistemática y corregir la serie. El gráfico (Fig. 21) mostró que los datos finales presentaban un comportamiento similar a los del período 1992 – 1994 con una oscilación que expresaba que la tendencia podía estar modulada por los efectos de la inter.-anualidad climática. Finalmente con los datos obtenidos, luego de la corrección, se elaboraron gráficos TS para verificar si estos se ajustaban en el triángulo formado por el conjunto de puntos.

4.2.1. ANÁLISIS DE COMPROBACIÓN DE LOS DATOS DE SALINIDAD SIN TENDENCIA UTILIZANDO GRÁFICOS TS

Inicialmente se graficó salinidad versus temperatura para el período 1992 a 1994, hallando consistencia entre los puntos que formaban el triángulo (Fig. 22). Posteriormente, se adicionaron en este gráfico los datos sin tendencia del año 1995 y 1996, se observó que los nuevos puntos se acoplaban perfectamente a los anteriores (Fig. 23), lo que no hubiese ocurrido si se hubiese conservado los datos de salinidad originales como se observa en la figura 24.

Figura 22. *El Pelado*: Gráfico TS (datos 0 a 40 m), período 1992 a 1994

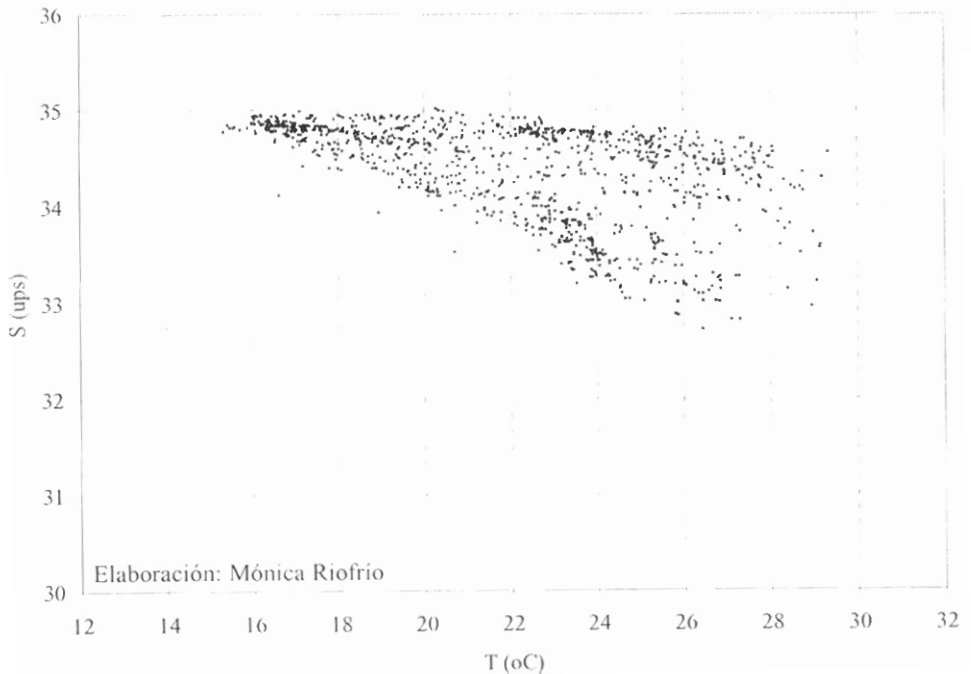
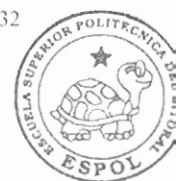
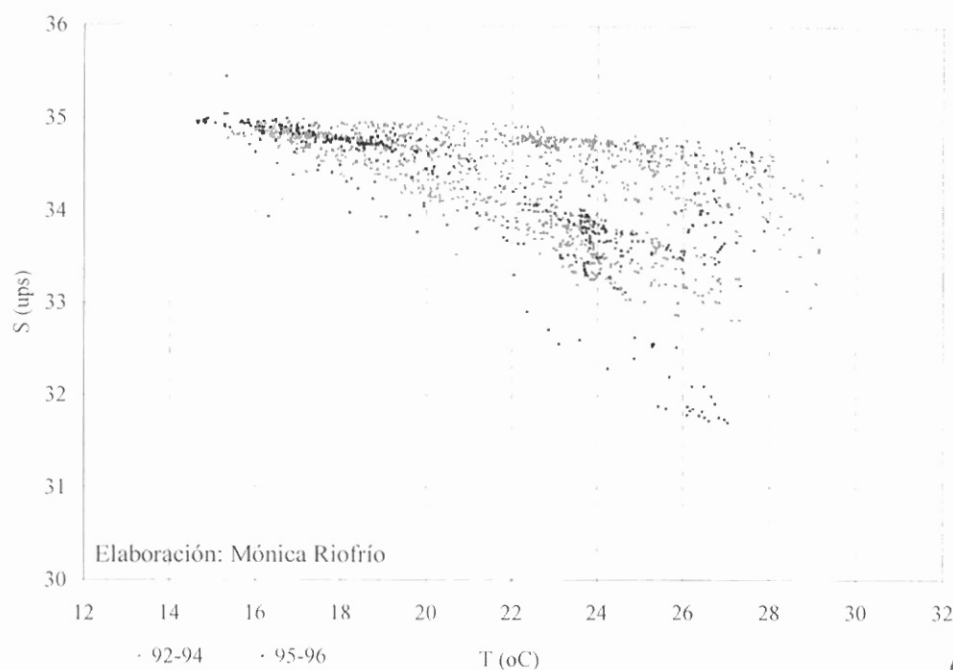
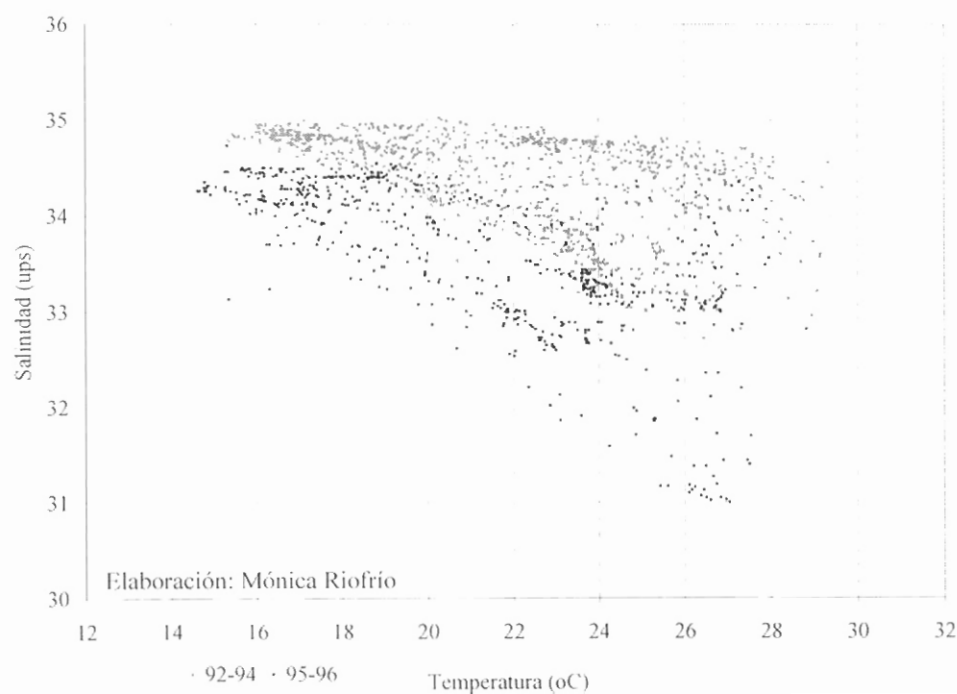


Figura 23. El Pelado: Gráfico TS del período 1992 al 1996 (datos sin tendencia 0 a 40 m)



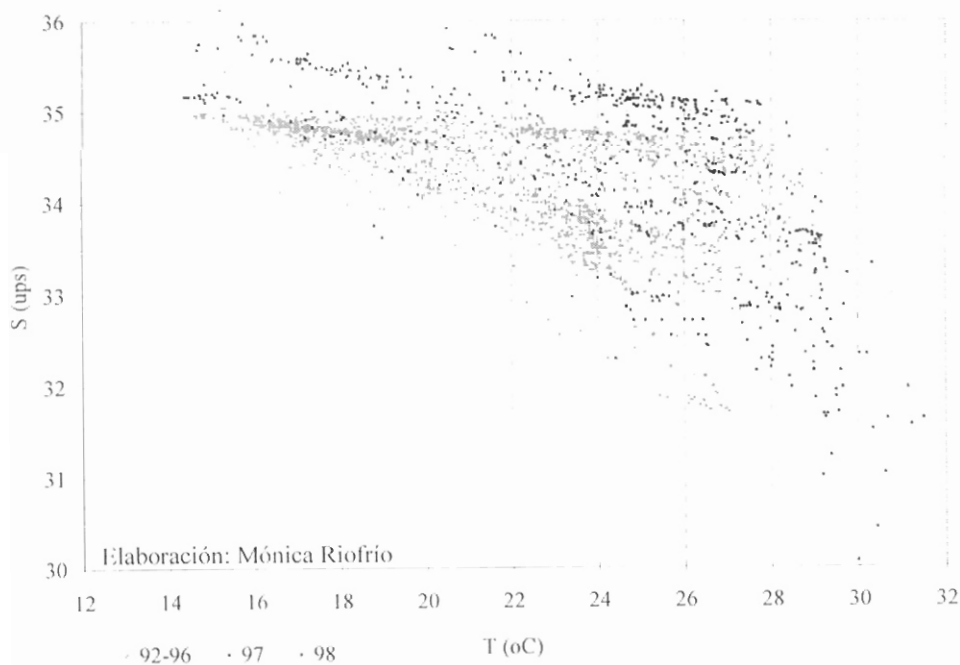
CIB-ESPOL

Figura 24. El Pelado: Gráfico TS del período 1992 a 1996 (datos originales 0 a 40 m)



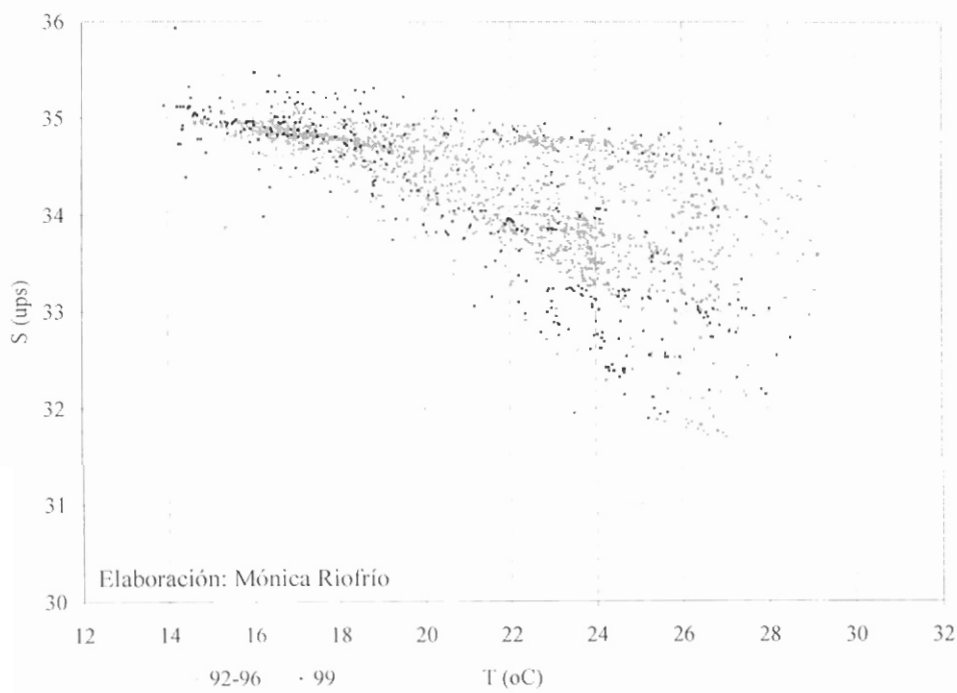
Luego, se integró los datos del año 1997 (El Niño) al gráfico de la figura 23, y se observó la presencia de un grupo de puntos externos al triángulo, que presentaban valores excesivos de salinidad. El año 1998 mostró una tendencia similar. Los valores encontrados no corresponden a valores de salinidad esperados para nuestras aguas, consecuentemente, se consideró que para el caso de los años 1997 y 1998 (El Niño extraordinario), el ajuste por tendencia no arrojó resultados confiables (Fig. 25).

Figura 25. El Pelado: Gráfico TS del período 1992 a 1998 (datos sin tendencia 0 a 40 m)



Retomando el gráfico TS de la figura 23, al período 1992 - 1996 se añadió los datos de 1999 (Fig. 26), observándose que los puntos se ajustaban al triángulo, por lo tanto este período fue aceptado dentro del conjunto de datos corregidos

Figura 26. El Pelado: Gráfico TS del período 1992 a 1996 y 1999 (datos 0 a 40 m)



4.2.2. CÁLCULO DE REGRESIONES

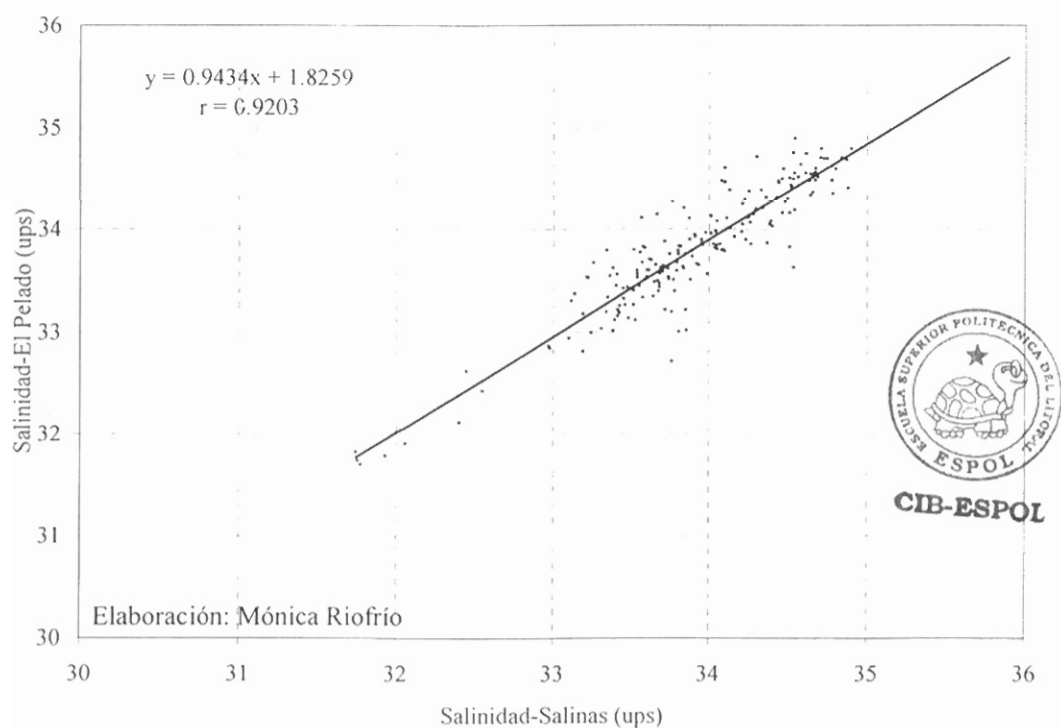
Con los datos corregidos de salinidad en *El Pelado*, se posibilitó la obtención de regresiones con sus equivalentes de *Salinas*, con el objeto de predecir los datos faltantes en la serie.



Período 1992 a 1999

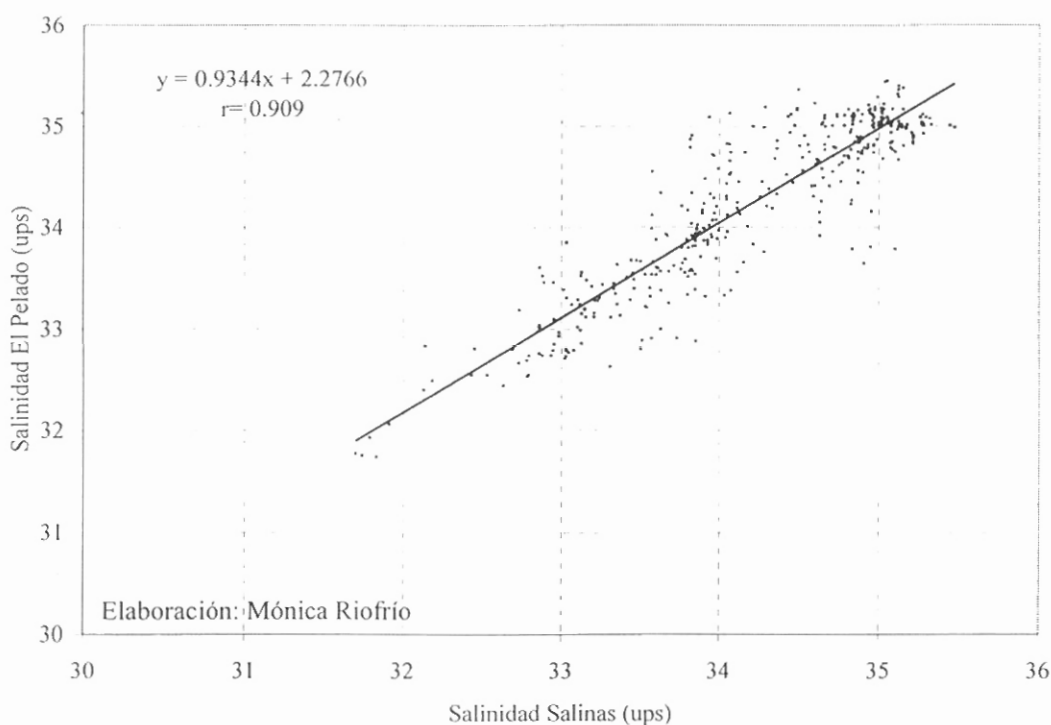
Primeramente se obtuvo una regresión para predecir los datos en superficie de los vacíos correspondientes al período 1992 - 1996, para lo cual se utilizó las series correspondientes al período comprendido entre enero de 1992 y septiembre de 1996, con un coeficiente de correlación de 0.9203 (Fig. 27). Los datos de los niveles inferiores a 0 m fueron interpolados, ajustándose al dato calculado en superficie.

Figura 27. Curva de regresión de SSM con datos de estación *El Pelado* y *Salinas* del período enero de 1992 a septiembre de 1996



Para predecir información de la columna de agua de septiembre a diciembre de 1996 y 1999 se consideró adicionalmente los perfiles disponibles en 1996 y 1999 para las dos Estaciones. El coeficiente de correlación obtenido fue de 0.9088 (Fig. 28).

Figura 28. Curva de regresión de salinidad con datos de estación *El Pelado* y *Salinas* del período 1992-1996 y 1999

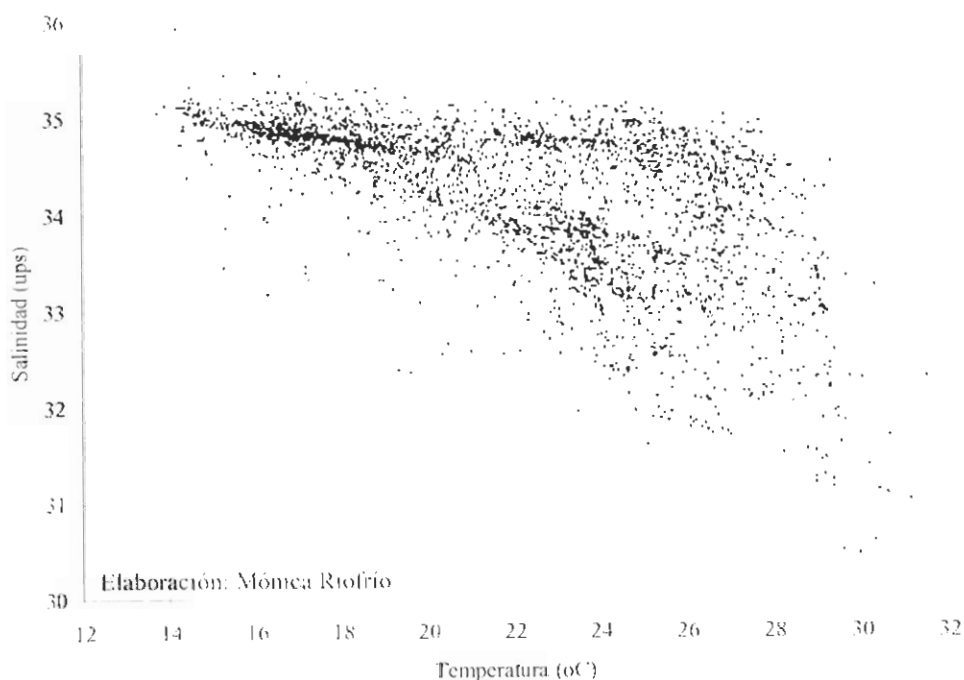


Los años 97 y 98 fueron tratados individualmente, obteniéndose regresiones con coeficientes de correlación de 0.8059 y 0.6775 respectivamente (figuras no presentadas). A pesar de las correlaciones

aceptables, los datos no se consideraron válidos por la alta dispersión de los puntos observada en las regresiones.

En consecuencia, basados en las características físicas propias de las condiciones El Niño, manifestadas como aguas homogéneas de alta temperatura cubriendo áreas extensas que se prolongan con profundidad, se optó por transferir la información de salinidad de *Salinas* a *El Pelado* de los años 1997 y 1998 puesto que ambas estaciones son relativamente cercanas. Esta condición es verificada en la figura 29, por el ajuste de los puntos de ambos años en el gráfico TS con datos de los años 1992 a 1996 y 1999 (Fig. 26).

Figura 29. *El Pelado*: Gráfico TS con datos optimizados (0 a 40 m, período 1992-1999)



Período 2000 al 2002

Para el período 2000-2002 los datos corregidos por tendencia no fueron considerados porque no presentaban coherencia en los gráficos TS (figura no mostrada). La disponibilidad de datos de salinidad de Salinas era parcial y únicamente fueron utilizados hasta noviembre del 2001, puesto que a partir de esa fecha se utilizaron datos corregidos del YSI-85 tomados en *El Pelado*.

En la primera parte (2000 – nov 2001), se utilizó la curva de regresión calculada para predecir datos de *El Pelado* en base a Salinas (ec. 1, ver Tabla X). No obstante, los datos de *Salinas* no cubrían completamente las fechas requeridas, puesto que se había descartado completamente los datos de salinidad de *El Pelado*. Sin embargo, se contaba con datos optimizados de temperatura, que fueron utilizados para predecir salinidad, en base a un análisis climatológico de las masas de agua, apoyado en el predominio estacional de dos masas de agua observado durante los períodos La Niña. Con este concepto, se halló dos regresiones con la serie de salinidad calculada y su equivalente de temperatura de *El Pelado*, una para los meses de la estación húmeda y otra para los meses de la estación seca. Con estas regresiones se calcularon las salinidades finales de *El Pelado* (Tabla X).



En la segunda parte (noviembre 2001 – octubre 2002), se utilizó los datos de temperatura y salinidad medidos con YSI-85, ajustados a las temperaturas optimizadas del ADR-1000, para lo cual se utilizó un concepto similar al del análisis climatológico previo, aplicando regresiones en base a análisis TS por segmentos de serie con el predominio de dos masas de agua (Tabla XI).

Tabla X. Regresiones para hallar salinidad final en el período enero 2000 a noviembre del 2001

Período de datos	Curva de regresión	<i>r</i>
1992-1996 y 1999	$y = 0.9434x + 1.8259$ (1)	0.9088
Diciembre 1999, enero a abril del 2001 (estación húmeda)	$y = -0.202x + 38.001$ (2)	0.8655
Mayo 3/ 2000-Dic 13/ 2001 (estación seca)	$y = -0.1201x + 36.645$ (3)	0.7227

Elaboración: Mónica Riofrío

Tabla XI. Regresiones para hallar salinidad final en el período noviembre del 2001 a octubre 30 del 2002

Período de datos YSI	Curva de regresión	<i>r</i>
Diciembre 6 / 2001- enero 30 /2002	$y = -0.1257x + 37.357$ (4)	0.9235
Febrero 13 /2002-Marzo 20 /2002	$y = -0.2566x + 40.062$ (5)	0.7999
Abril 4 /2002-mayo 15 /2002	$y = -0.0961x + 36.91$ (6)	0.5188
Abril 25 /2002-junio 25 /2002	$y = -0.0339x + 35.534$ (7)	0.4637
Julio 3/2002- junio 11 /2002	$y = -0.1401x + 37.339$ (8)	0.7748

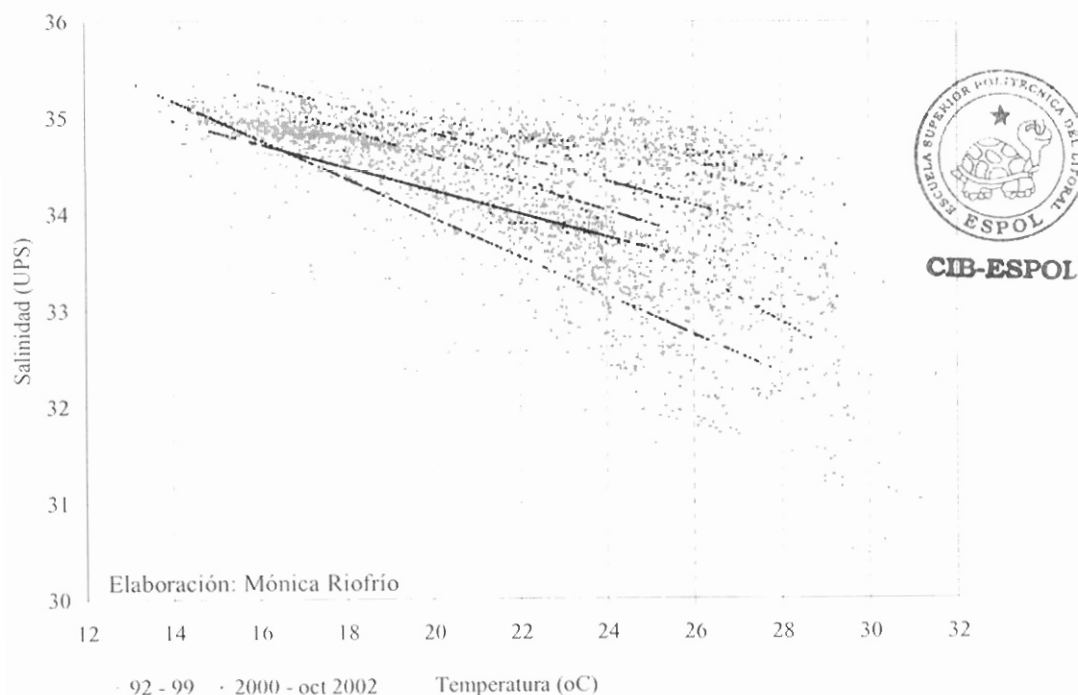
Elaboración: Mónica Riofrío

En los primeros meses de los años 2001 (enero a marzo) y 2002 (enero a mayo) se observó manifestación de ondas Kelvin en *El Pelado* a través de los datos de temperatura. Esto alteraba el patrón climatológico

regular de masas de agua, favoreciendo la presencia de altas temperaturas asociadas a altas salinidades. En estos casos, se mantuvo el resultado generado por la ecuación principal (1) de regresión que presentaba una salinidad compatible con sus pares de temperatura equivalentes.

Los datos finales de salinidad (2000-2002) se ajustaron plenamente al triángulo de mezcla de los acumulados de 1992 a 1999 (Fig. 30).

Figura 30. *El Pelado*: Gráfico TS del período 1992 a octubre 30 del 2002 (datos 0 a 40 m)



4.3. COMPARACIÓN ENTRE SERIES OPTIMIZADAS Y ORIGINALES

No se encontraron diferencias significativas ($p > 0.05$) entre las series originales y optimizadas de temperatura y salinidad (Tabla XII y XIII).

Tabla XII. Promedios y desviaciones estándar de las series original y optimizada de temperatura (T) y salinidad (S), por niveles de profundidad y promedio de la columna de agua (1992 – 2002)

Prof. (m)	Promedio				Desviación Estándar			
	Original		Optimizada		Original		Optimizada	
	T (°C)	S (ups)	T (°C)	S (ups)	T	S	T	S
0	25.5	33.5	25.5	33.5	2.1	0.9	2.1	0.8
5	24.9	33.6	24.9	33.7	2.1	0.9	2.1	0.7
10	24.0	33.7	24.1	33.8	2.5	0.8	2.5	0.7
15	23.0	33.9	23.1	34.0	2.8	0.8	2.8	0.7
20	22.0	34.1	22.1	34.1	3.1	0.7	3.1	0.6
25	20.8	34.4	21.0	34.4	3.2	0.6	3.2	0.5
30	19.8	34.6	20.0	34.5	3.2	0.5	3.2	0.4
35	18.9	34.7	19.0	34.7	3.1	0.4	3.1	0.4
40	18.3	34.8	18.4	34.8	2.9	0.3	3.0	0.3
Z*	21.9	34.1	22.0	34.2	3.8	0.8	3.7	0.7

* Promedio de la columna de agua

Elaboración: Mónica Riofrío



CIB-ESPOL

4.4. SISTEMATIZACIÓN DE LOS DATOS

Las bases de datos de temperatura y salinidad de 1992 al 2002 fue organizada/clasificada por año y recopiladas en una carpeta con nombre STEP, en ella se ha incluido los archivos STEP1992, STEP1993, STEP1994, STEP1995, STEP1996, STEP1997, STEP1998, STEP1999, STEP2000, STEP2001 y STEP2002.

En cada uno de estos archivos se ha tenido cuidado de conservar los datos fuente previa a la optimización, esto es los datos originales de temperatura y salinidad; y sus promedios mensuales. Adicionalmente se creó dos hojas con los datos *optimizados* (finales) adjudicándoles los nombres *FIN-ep* y *FIN-promedios mensuales*.

En la hoja *FIN-ep* se dispuso la nueva data semanal de temperatura y salinidad (vertical) en donde se incluyó el valor semanal de la profundidad de la isoterma de 20° C, y en *FIN-promedios mensuales* se registra la información de los promedios mensuales de ambos parámetros, igualmente se incluyó la profundidad mensual de la isoterma de 20° C.

Los datos correspondientes a promedios mensuales finales de los archivos STEP se dan a conocer en Anexos1, mientras que los registros semanales por año, se almacenan en el sistema ACUICLIMA-CENAIM.

En la carpeta STEP, se incluyó otros archivos correspondientes a la utilización de los datos optimizados en el procesamiento, principalmente, de productos para Acuiclíma:

STEPtssm, que contiene los datos y figuras de TSM y SSM, y las siguientes hojas de trabajo:

- a. TSM-SSM Original, contiene la tabla original de los promedios mensuales de TSM y SSM desde 1992 al 2002, y
- b. TSM-SSM Final, contiene la tabla optimizada de TSM y SSM, desde 1992 al 2002.

En estas dos hojas se incluye los cálculos de anomalías y anomalías estandarizadas.

STEPCLIMVERT, destinado al cálculo de climatologías verticales de temperatura y salinidad contiene las siguientes hojas de cálculo:

- a. Las tablas de la estructura térmica y halina vertical 1992-2002 en base a períodos normales, que son utilizadas en Acuiclíma, y

b. Las tablas de la estructura térmica y halina vertical en base a los promedios mensuales globales del período 1992-2002, que son analizadas en esta Tesis.

STEPiso20, en este archivo se registra los promedios mensuales de la profundidad de la isoterma de 20° C y la climatología. Contiene las hojas de cálculo:

a. Anomalías, se encuentra los promedios mensuales, por año, de la isoterma de 20 °C, también se registra la tabla de las anomalías y anomalías estandarizadas.

b. Cálculos, para la definición de curvas o límites inferior y superior para el establecimiento de zonas de paso a eventos cálidos o fríos, respectivamente, utilizadas en la elaboración de la Alerta Climática de Acuiclíma.

c. Figuras, presenta la evolución de la isoterma de 20° C desde 1992 en comparación con la franja de normalidad, utilizadas en la elaboración de la Alerta Climática de Acuiclíma.

Las imágenes anuales correspondientes a las estructuras de temperatura y salinidad verticales graficadas con intervalo de tiempo semanal, almacenadas en el sistema de archivos SurferSTEP , se presentan en Anexos2.

CAPÍTULO V

CARACTERIZACIÓN TERMOHALINA

Durante el periodo de monitoreo en *El Pelado* 1992-2002, el área de estudio ha estado influenciada por diversos componentes de la variabilidad climática interanual, como se observó en la Tabla V.

En el presente capítulo se pretende describir la climatología termohalina de *El Pelado* que caracterice un año “normal”, dentro de un contexto de variabilidad en donde, en una interpretación por años, predominan los eventos extremos de ENSO.

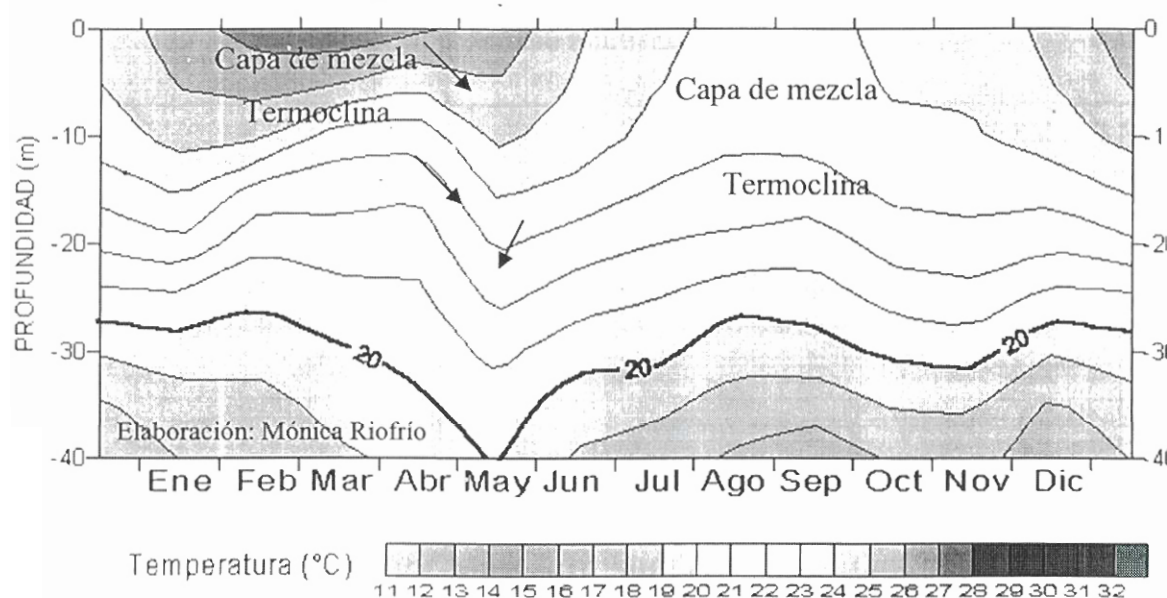
5.1. CLIMATOLOGÍA DE LA ESTRUCTURA VERTICAL TÉRMICA Y HALINA

En base a los antecedentes previos, para encontrar y describir la climatología en el área de influencia de la estación *El Pelado*, se consideró tres alternativas: Promedio multianual, Promedio de años normales y Gráficos TS

5.1.1. PROMEDIOS MULTIANUALES

Corresponde al promedio utilizando todos los años de medición (Figuras 31 y 32.).

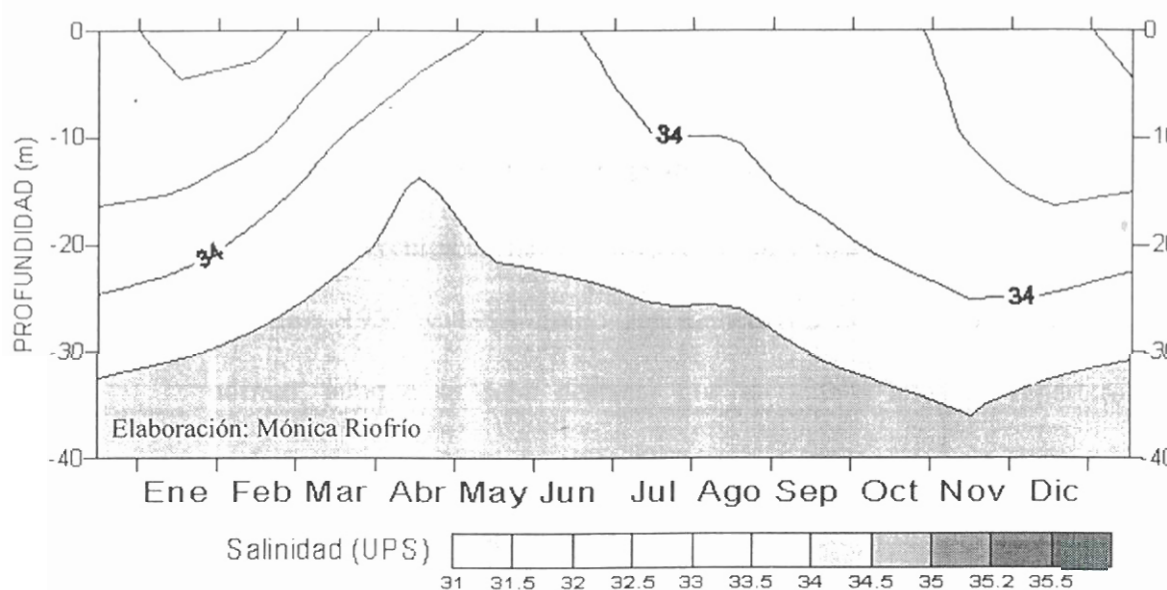
Figura 31 Climatología de la estructura vertical térmica de la Estación Oceanográfica *El Pelado* en base al promedio multianual



La climatología de temperatura hallada (Fig. 31) señala la presencia de aguas cálidas en superficie en los primeros meses del año, con un máximo de temperatura en febrero y marzo asociado conjuntamente a una elevación de la termoclina a partir de febrero. La disminución de la temperatura superficial en abril-mayo, en el período de transición climática, coincide con una profundización de la termoclina (flechas). Posteriormente, continua el enfriamiento de la temperatura superficial,

siendo en agosto y septiembre que experimenta un mínimo de temperatura en asociación a una capa de mezcla y termoclina más profundas. En el ultimo trimestre del año, la superficie del mar experimenta una ganancia constante y moderada de temperatura, mientras que la posición de la termoclina no ha sufrido mayor variación.

Figura 32. Climatología de la estructura vertical halina de la Estación Oceanográfica *El Pelado* en base al promedio multianual



En la climatología de salinidad calculada (Fig. 32) se observa que en los dos primeros meses del año existe un mínimo de salinidad en superficie ($32.5 < S < 33$ ups) que se incrementa gradualmente hasta alcanzar un máximo en mayo y junio ($34 < S < 34.5$ ups), asociado con un escaso gradiente halino, que se ha ido superficializando y debilitando desde comienzos de año. En el siguiente semestre, la salinidad superficial

disminuye paulatinamente asociado con un gradiente halino débilmente formado, el cual experimenta una continua profundización hasta mediados de noviembre, en las siguientes semanas esta tendencia se invierte acompañado de un ligero fortalecimiento del gradiente, pero de menores proporciones que a comienzos de año, que coincide con la aparición en superficie de aguas todavía menos salinas ($33 < S < 33.5$ ups).



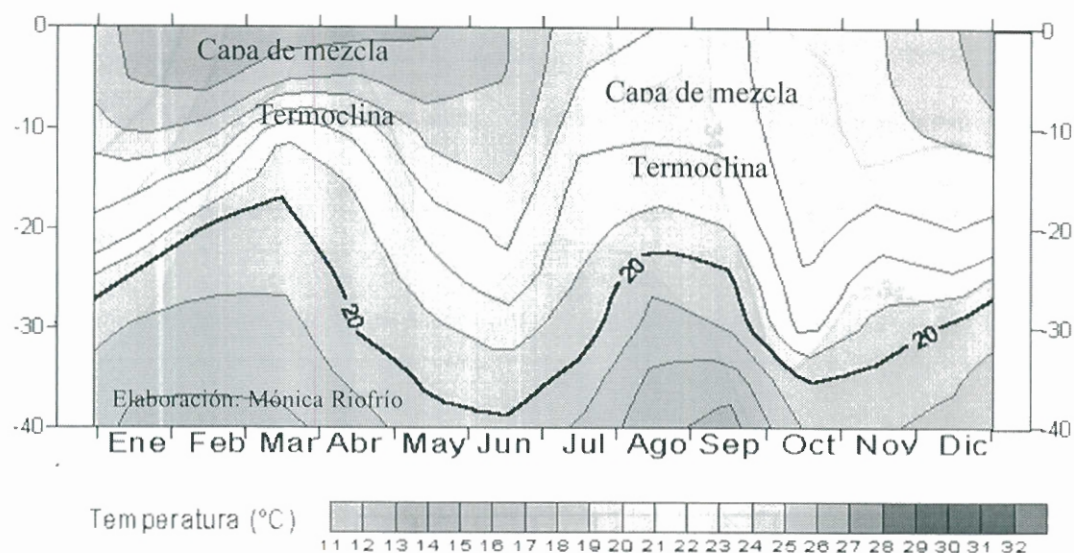
CIB-ESPOL

5.1.2. PROMEDIO DE AÑOS NORMALES

Corresponde a la práctica común de promediar años donde no se han presentado eventos climáticos extremos. En este sentido, se ha escogido los años 1993 y 1994 como representativos de años cercanos a lo normal, aunque se debe destacar que en ambos años se reportaron períodos con anomalías importantes en la columna de agua. Los gráficos resultantes se presentan en las figuras 33 y 34.

Los rasgos principales de la climatología de temperatura (Fig. 33), muestran un patrón de temperaturas superficiales, similarmente distribuido en el tiempo con la climatología multianual, mientras que en la subsuperficie, se puede observar, básicamente, una columna de agua menos cálida a lo largo del año por no haberse considerado los períodos con temperaturas elevadas de El Niño, excepto por el efecto causado por la presencia de ondas Kelvin reportadas a mediados de 1993.

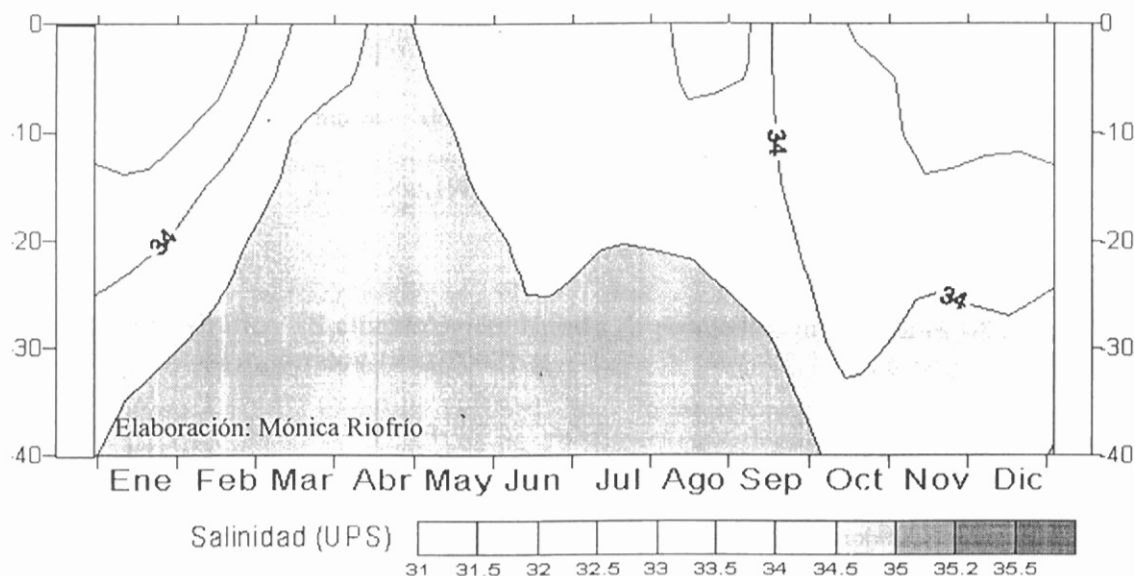
Figura 33. Climatología de la estructura vertical térmica de años normales (1993-1994)



La climatología de salinidad (Fig.34) presenta en los primeros meses un gradiente vertical en concordancia con la climatología multianual que llega a desaparecer en el mes de abril, alcanzando la columna de agua un máximo de salinidad. Posteriormente la salinidad superficial empieza a disminuir lentamente, pero se mantiene casi invariable hasta el mes de julio-agosto. En los siguientes meses, la salinidad superficial disminuye un poco más rápido reconstituyéndose el gradiente halino.

Los mínimos de salinidad se observan en enero-febrero y en los tres últimos meses del año y están dentro del orden entre 33 y 33.5 ups, mientras que las mayores salinidades observadas en el mes de abril, están dentro del orden de 34.5 y 35 ups.

Figura 34. Climatología de la estructura vertical halina de años normales (1993-1994)



5.1.3. TRIÁNGULO PROMEDIO

Con el fin de hallar las características climatológicas predominantes de temperatura y salinidad durante un año normal, se elaboraron los gráficos promedio TS, considerando dos cálculos diferentes:

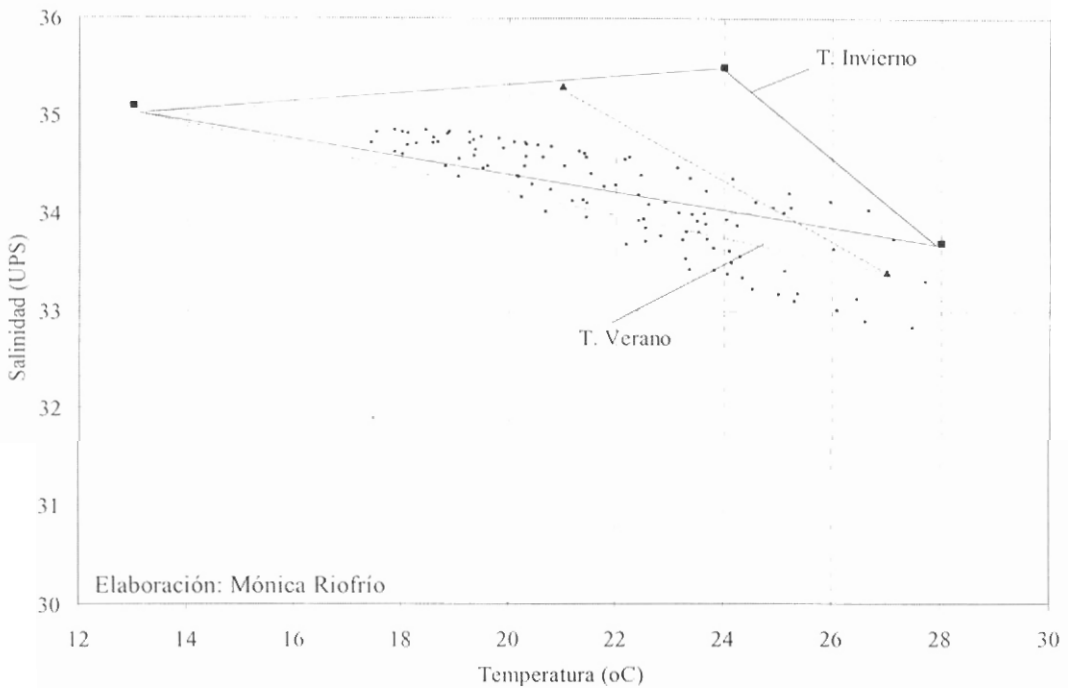
- Promedios mensuales multianuales (1992-2002)
- Promedios mensuales de años normales (1993-1994)

5.1.3.1. PROMEDIOS MULTIANUALES

Para graficar el diagrama TS de la figura 35, se consideró los datos de promedios multianuales de temperatura y salinidad,

utilizados anteriormente en la figura 31 y 32. Sobre éste se incluyó los triángulos estacionales (invierno y verano) de masas de agua registrados para aguas ecuatorianas (Cucalón,1982).

Figura.35. Gráfico TS climatológico, basado en promedios multianuales (datos 0 a 40 m, período 1992-2002)



Se puede observar que los datos ploteados no se adaptan completamente a los triángulos referidos, y que el conjunto de puntos tiende a formar más una línea recta que un triángulo, expresando que en el sector existe una predominancia climatológica de dos masas de agua ATS y AESS.

El conjunto de puntos TS dibujados indica la presencia, en la capa de fondo, de aguas con temperaturas alrededor de 18°C y salinidades superiores a 34.5 ups, mientras que, en la superficie, hallamos temperaturas cercanas a 28°C y salinidades que fluctúan entre 33 y 34 ups.

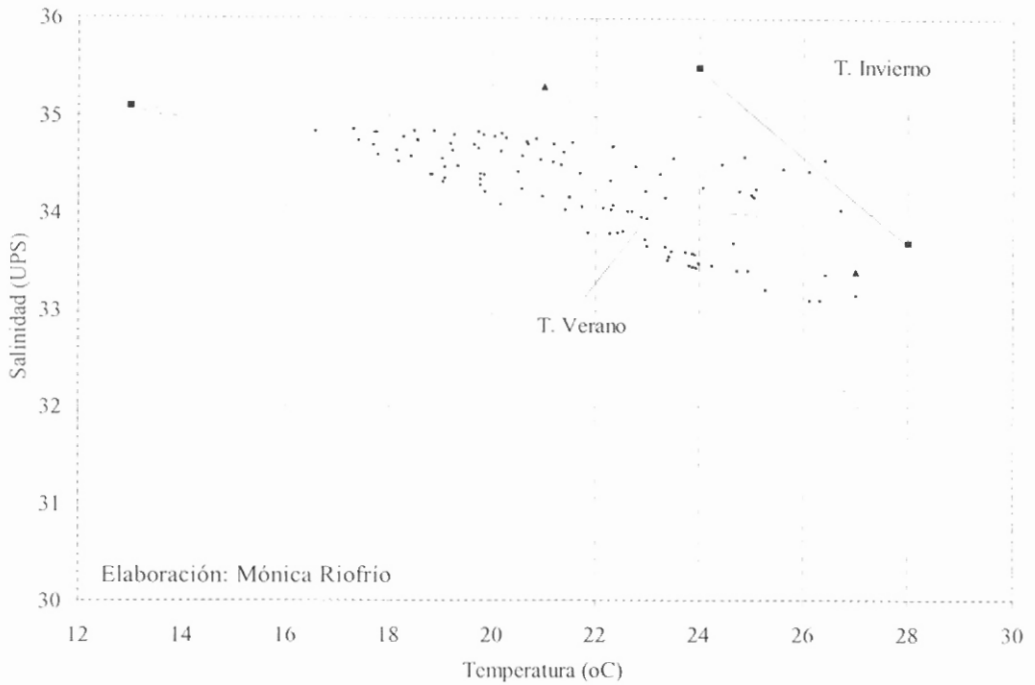
5.1.3.2. PROMEDIOS DE AÑOS NORMALES

Para realizar el gráfico TS de años normales, se utilizó los datos promedio de temperatura y salinidad, calculados anteriormente para describir la climatología de años normales de la figura 33 y 34.

En la fig. 36, el conjunto de puntos se presenta más disperso cerca de las aguas superficiales, no obstante, aún predominan ATS y AESS. Se establecen aguas en superficie con temperaturas cercanas a 27°C y salinidades entre 33 y 34.8 ups, y aguas en niveles inferiores con temperaturas entre 17 y 18°C y salinidades superiores a 34.5 ups.



Figura 36. Gráfico TS con los promedios mensuales de años normales (datos 0 a 40 m, período 1993-1994)



Es destacable, que tanto en el triángulo climatológico de promedios multianuales como el de años normales (Fig. 35 y 36), se observan un grupo de puntos que se encuentran por debajo de ambos triángulos estacionales de masas de agua, debido a la presencia de aguas con menores salinidades de las propuestas en los triángulos de mezcla.

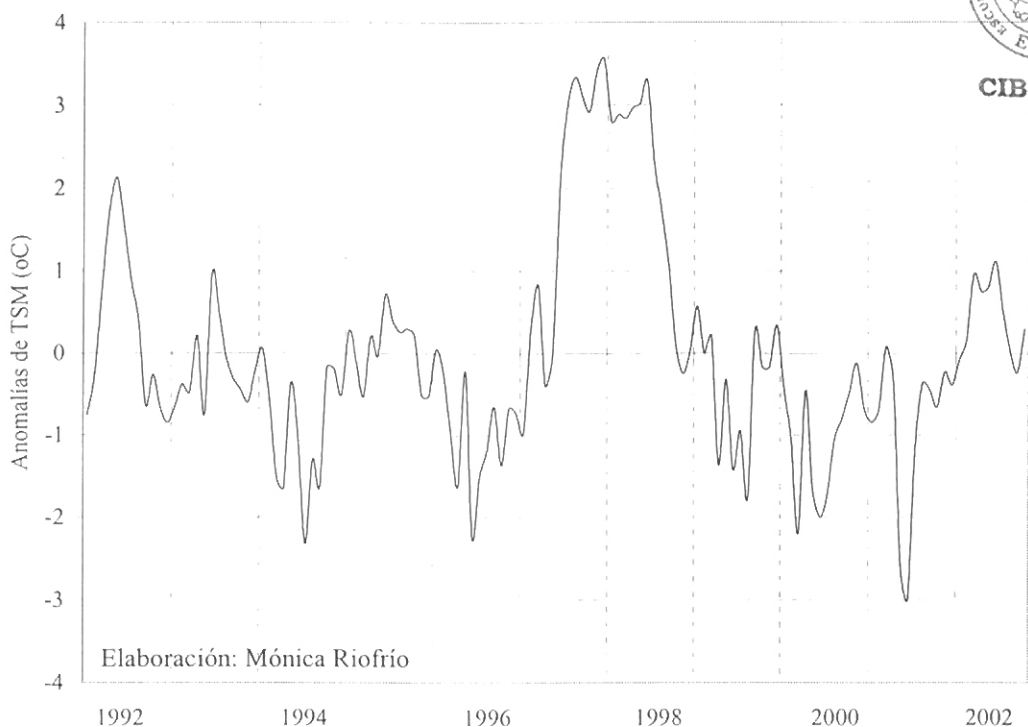
5.2. VARIABILIDAD TEMPORAL DE TEMPERATURA Y SALINIDAD

Se analizan las oscilaciones en los parámetros superficiales TSM y SSM y de la profundidad de la isoterma de 20° C (Iso20) representativa de la termoclina, que expresa las oscilaciones bajo la superficie. Los datos corresponden a anomalías referidas al promedio mutianual respectivo.

5.2.1. VARIACIÓN MENSUAL DE LA ANOMALIA DE TSM

En la figura 37 se muestra el diagrama de las anomalías de TSM, correspondiente al período 1992-2002

Figura 37. Variación mensual anomalía TSM (1992-2002)

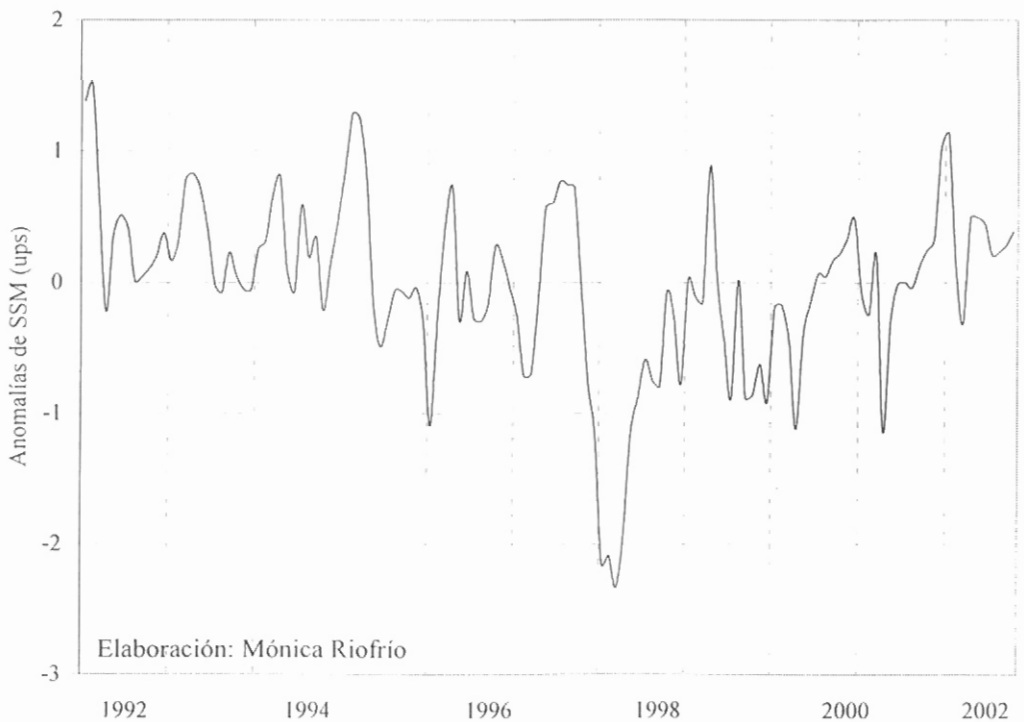


Se observa anomalías máximas en 1992, mayores a 2°C , y en el período 1997-1998 con valores superiores a 3°C . Anomalías inferiores a -2°C aparecen en 1994, 1996, 2000, e inferior a -3°C únicamente en el 2001. Además, es posible inferir la presencia de oscilaciones con periodo comprendido de 1 a 2 años.

5.2.2. VARIACIÓN MENSUAL DE LA ANOMALIA DE SSM

En la figura 38 se grafica la serie de anomalías de SSM.

Figura 38. Variación mensual anomalía SSM (1992-2002)

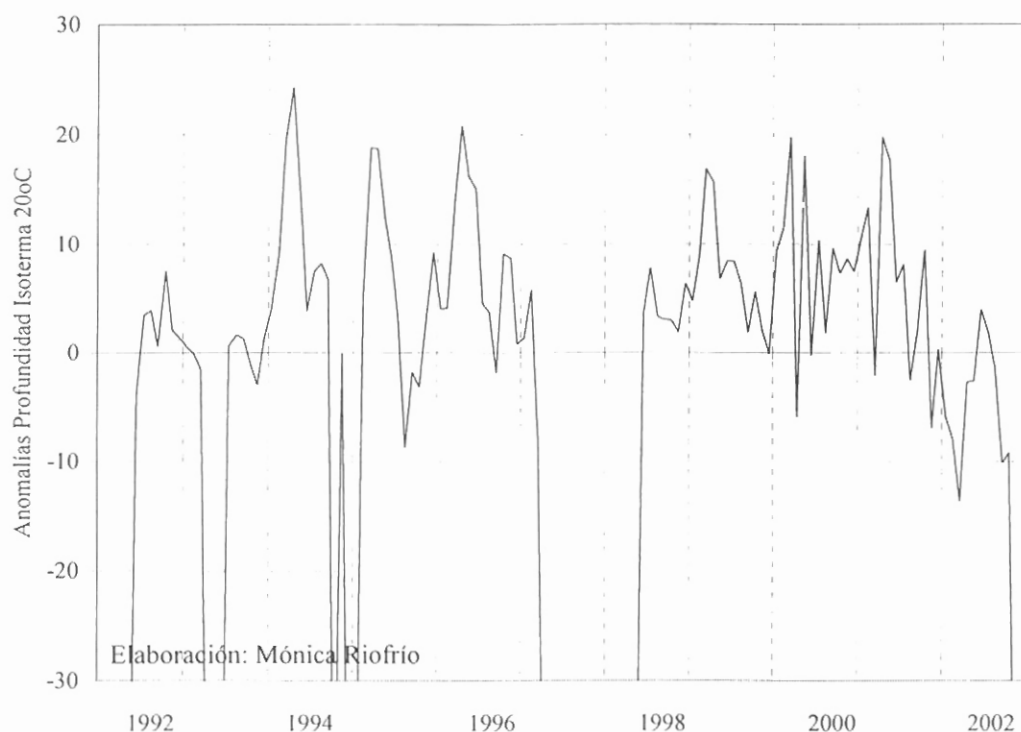


Se observa que la SSM presenta un comportamiento indefinido, cuyos máximos positivos se observan en los primeros meses de 1992, 1995 y 2002, con anomalías superiores a 1 ups. Los mínimos negativos de la serie se presentan en los primeros meses de 1998, con valores inferiores a -2 ups. Otros mínimos importantes, menores a -1 ups, se presentan en 1996, 2000 y 2001, también en los primeros meses.

5.2.3. VARIACIÓN MENSUAL DE LA ANOMALIA DE LA PROFUNDIDAD ISOTERMA DE 20° C

En la figura 39 se grafica la serie de anomalías de Iso20 correspondiente al período 1992-2002.

Figura 39. Variación mensual anomalía Iso20 (1992-2002)



Se observa (Fig. 39) que la termoclina presenta anomalías positivas (superficializaciones) con valores máximos generalmente en los primeros meses del año. El principal pico ocurre en 1994 (> 20 m) seguido de los de 1995, 1996, 2000, 2001 y finalmente el de 1999. Entre los máximos negativos (profundizaciones) se observa los de 1992, 1993, 1994-1995, 1997-1998 y 2002.

5.2.4. ANOMALIAS NORMALIZADAS

Climatológicamente se considera un comportamiento normal cuando las anomalías oscilan dentro de la franja de $\pm 1\sigma$.

Las principales anomalías cálidas (Fig. 40) se presentaron en 1992 ($>1\sigma$) y en 1997-1998 (cerca de 3σ). Las anomalías frías se presentaron en 1994, 1996, 1999, 2000 y 2001 ($>1\sigma$).

Anomalías de salinidad (Fig. 41) positivas, de 2σ se presentaron únicamente en 1997, entre 1 y 1.5σ se presentaron en 1992, 1993, 1994, 1995, y 2001. Mientras que, máximas anomalías negativas ($> 2\sigma$) se presentaron en 1998 y 1999.



Figura 40. Variación mensual de anomalías normalizadas de TSM (1992-2002)

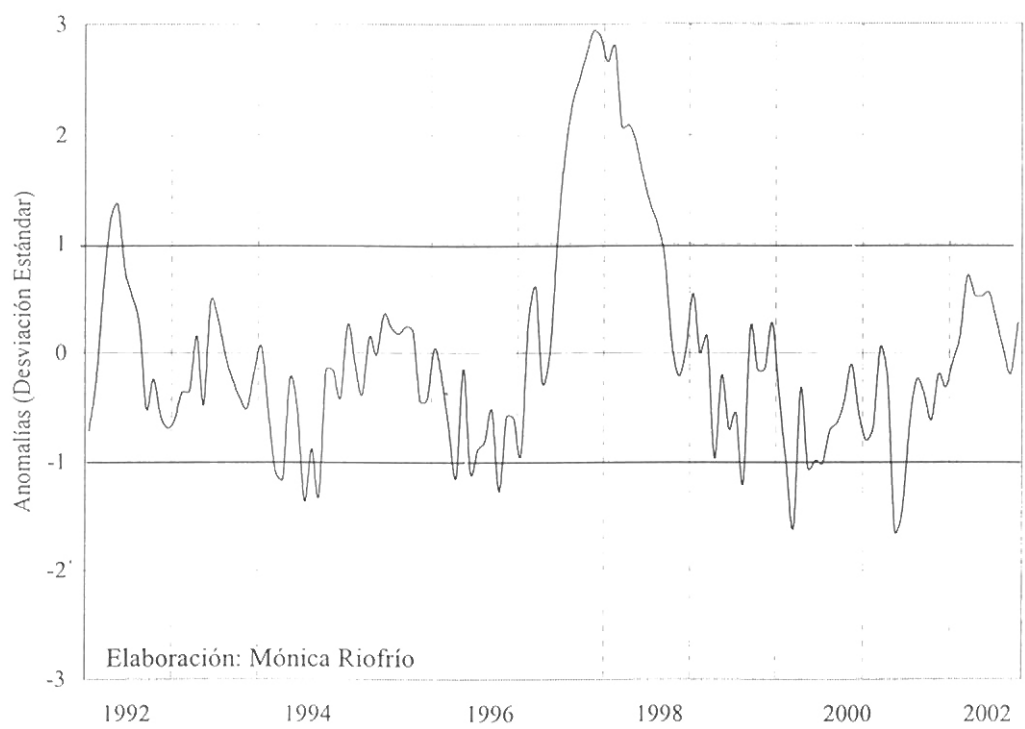
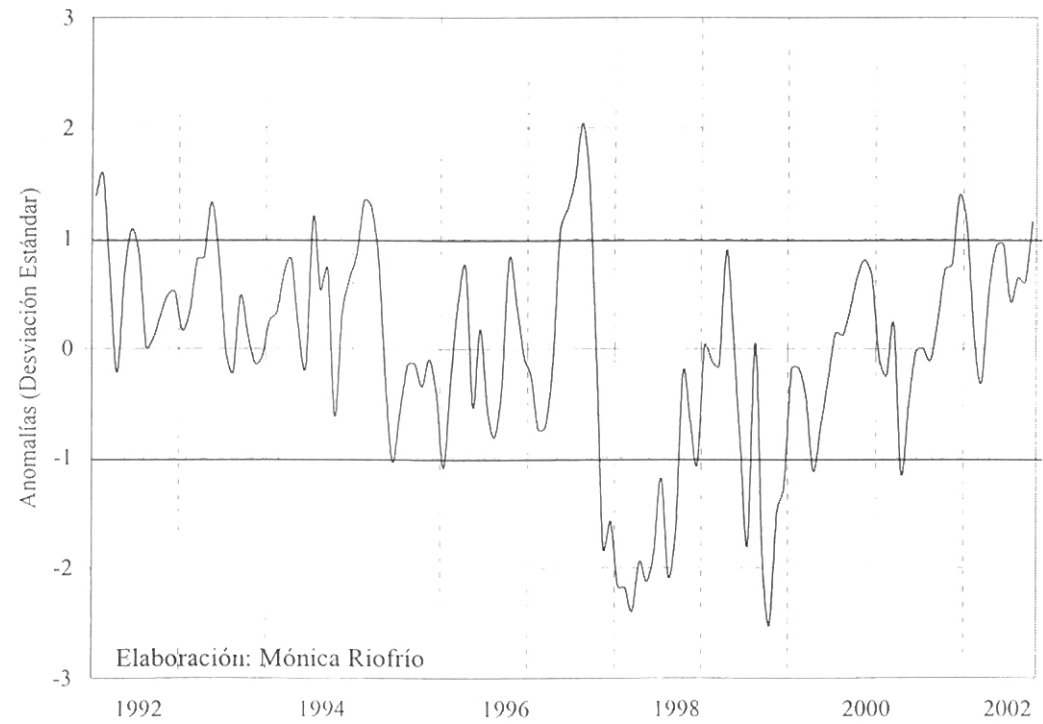
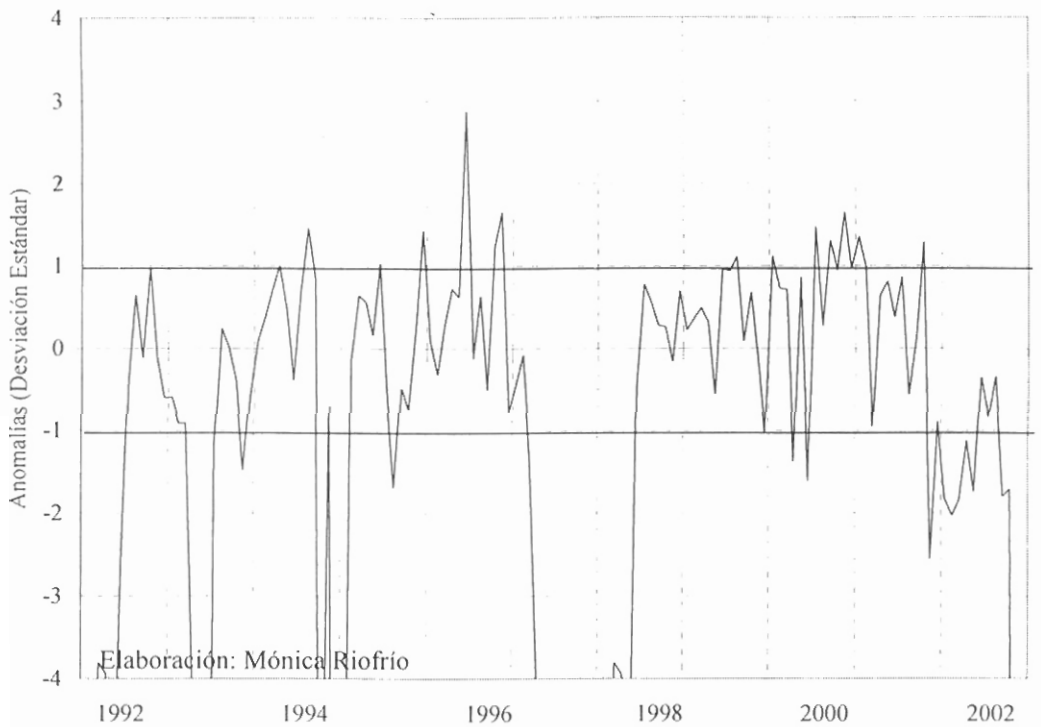


Figura 41. Variación mensual de anomalías normalizadas de SSM (1992-2002)



Las mayores anomalías de la Iso20 (Fig. 42) son de carácter negativas ($>1\sigma$), se establecieron en 1992, 1993, 1994-1995, 1997-1998 2001 y 2002. La máxima anomalía positiva (aprox. 2σ) se presentó en 1996 y en menores magnitudes, pero superiores a 1σ , en 1994, 1995, 2000 y 2001.

Figura 42. Variación mensual de anomalías normalizadas de Iso20 (1992-2002)



5.2.5. ANÁLISIS DE FRECUENCIAS

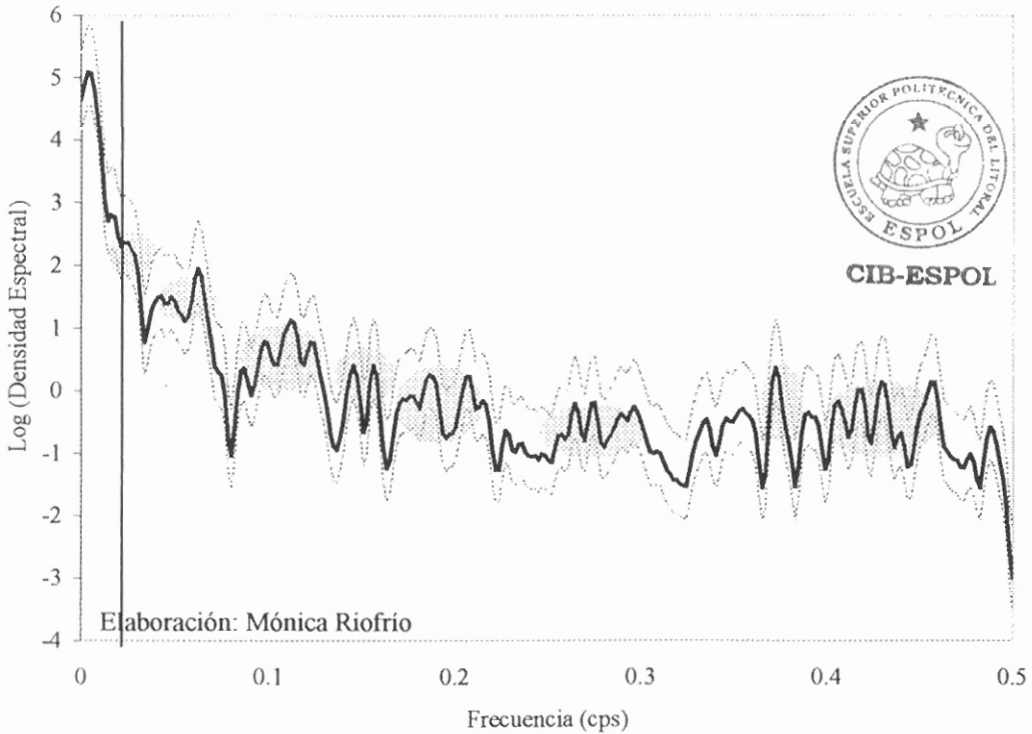
En las figuras 43, 44 y 45 se presentan los resultados del análisis espectral, la franja de frecuencias anterior a la línea vertical dibujada no se considerará entre los resultados, las principales frecuencias y bandas

de frecuencias se encuentran sombreadas con círculos. Las series de TSM y SSM tienen una longitud de 564 datos (1992-2002) mientras que la serie de profundidad de isoterma de 20° C (Iso20) tiene una longitud de 186 datos (jun 98-dic 01).

5.2.5.1. SERIE DE ANOMALIAS DE TSM

En el gráfico 43 se muestra el espectro de potencias de TSM

Figura 43. Espectro de potencias de las anomalías de TSM (1992-2002)



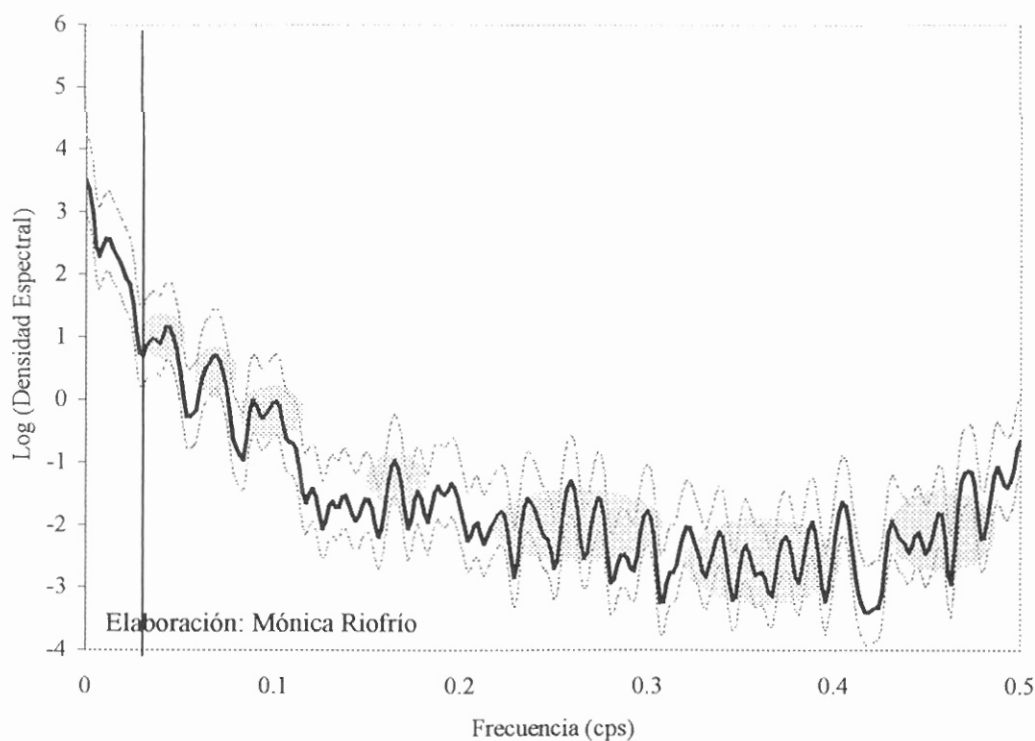
La franja de frecuencias anterior a la línea vertical dibujada no se considerará entre los resultados. Las regiones sombreadas corresponden a importantes frecuencias y bandas de frecuencia.

Las frecuencias, expresadas en períodos, que aportan mayor energía a la serie de tiempo, en orden descendente, corresponden a períodos de 10 meses (43 semanas), 4 meses (16 semanas), bandas centradas en períodos de 5 meses (22 semanas), 2 meses (10 semanas) y 0.5 meses (2 semanas). Otras oscilaciones se citan en la tabla XIIIa.

5.2.5.2. SERIE DE ANOMALÍAS DE SSM

En el gráfico 44 se muestra el espectro de potencias de la serie SSM.

Figura 44. Espectro de potencias de las anomalías de SSM (1992-2002)



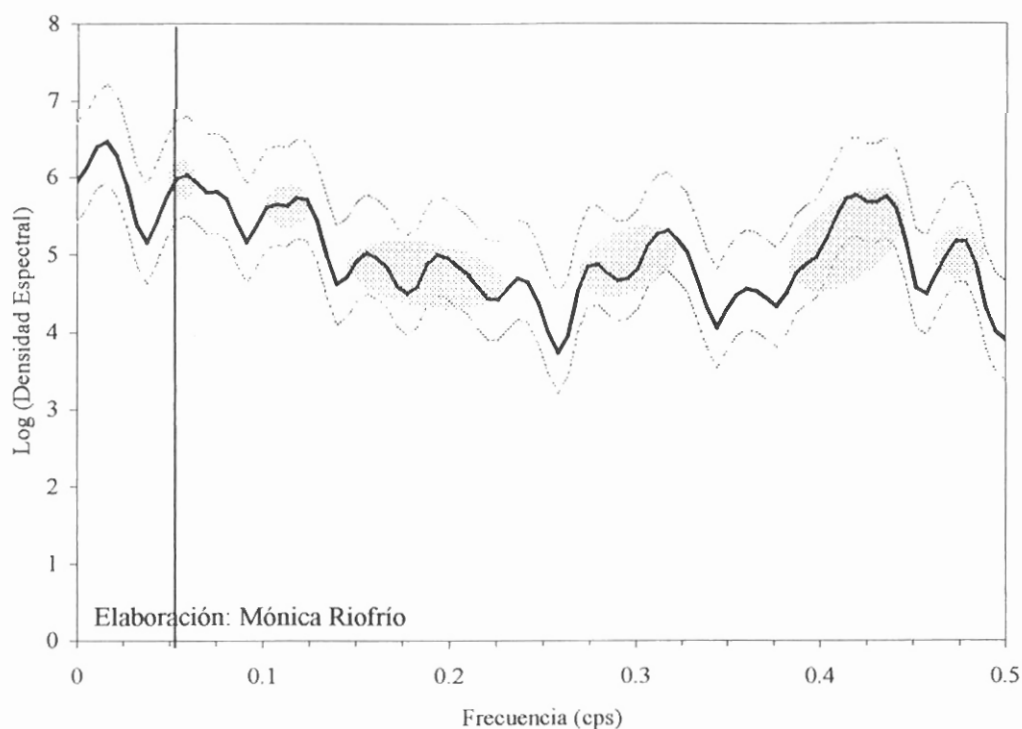
La franja de frecuencias anterior a la línea vertical dibujada no se considerará entre los resultados. Las regiones sombreadas corresponden a importantes frecuencias y bandas de frecuencia.

Las frecuencias encontradas (Fig. 44) corresponden a períodos de 5 meses (23 semanas), 3 meses (15 semanas), bandas centradas en 3 meses (11 semanas), 1 mes (6 semanas) y (0.5 m) 2 semanas. Otros periodos se listan en la tabla XIIIb

5.2.5.3. SERIE DE ANOMALÍAS DE PROFUNDIDAD DE LA ISOTERMA DE 20° C.

En el gráfico siguiente se muestra el espectro de potencias de la Iso20.

Figura 45. Espectro de potencias de las anomalías de Iso20 (junio 1998-dic 2001)



La franja de frecuencias anterior a la línea vertical dibujada no se considerará entre los resultados. Las regiones sombreadas corresponden a importantes frecuencias y bandas de frecuencia.

Se encontró (Fig. 45) que a nivel de la termoclina, las periodicidades con mayor energía corresponden a bandas centradas en 4 meses (15 semanas), 0.5 meses (2 semanas), 2 meses (9 semanas) y de 1 mes (5 semanas), ver tabla XIIIc.

Tabla XIII. Frecuencias principales (expresadas como períodos) halladas por análisis espectral en las series anomalías de: TSM (a), SSM (b) y Profundidad de la isoterma de 20° C (c) .

a)

No.	Período (semanas)	Densidad Espectral
1	43	10.68
2	16	7.02
3	22	4.08
4	10	1.52
5	2	1.15
6	6	0.84
7	5	0.76
8	7	0.52
9	4	0.41
10	3	0.31

b)

No.	Período (semanas)	Densidad Espectral
1	23	3.18
2	15	2.01
3	11	0.77
4	6	0.38
5	2	0.32
6	4	0.16
7	3	0.09

c)

No.	Período (semanas)	Densidad Espectral
1	15	353.98
2	2	290.85
3	9	279.17
4	2	175.51
5	5	145.25
6	3	116.28

Elaboración: Mónica Riofrio



CIB-ESPOL

5.3. MASAS DE AGUA PRESENTES Y SU DISTRIBUCIÓN TEMPORAL Y VERTICAL

5.3.1. MASAS DE AGUA PRESENTES

Las masas de agua que se espera encontrar en nuestra área de estudio hasta una profundidad de 40 m corresponden principalmente en superficie a ATS, ASTS y en fondo a AESS, esta última que se ha evidenciado frente a Ecuador, a lo largo del meridiano $82^{\circ} 30' W$, a profundidades entre 15 y 140 m (Okuda, *et al.*, 1983).

5.3.2. DISTRIBUCIÓN TEMPORAL DE LAS MASAS DE AGUA

5.3.2.1 DISTRIBUCIÓN ESTACIONAL

En las figuras 46 y 47 se presentan los puntos TS provenientes de las mediciones semanales en *El Pelado* (datos observados) para los meses de la estación húmeda y de la estación seca, respectivamente con el triángulo de mezcla estacional. En ambos gráficos, la nube de puntos presenta un rango de salinidad entre 31 y 35.3 ups en la época húmeda y de 32.4 a 35.3 ups en la época seca, mientras que el rango de temperatura es aproximadamente igual para ambas estaciones, entre $14^{\circ} C$ y $29^{\circ} C$.

Figura 46. Diagrama TS de los datos semanales (0 a 40 m) medidos en *El Pelado* durante los meses de estación húmeda (1992-2002) y triángulo de mezcla

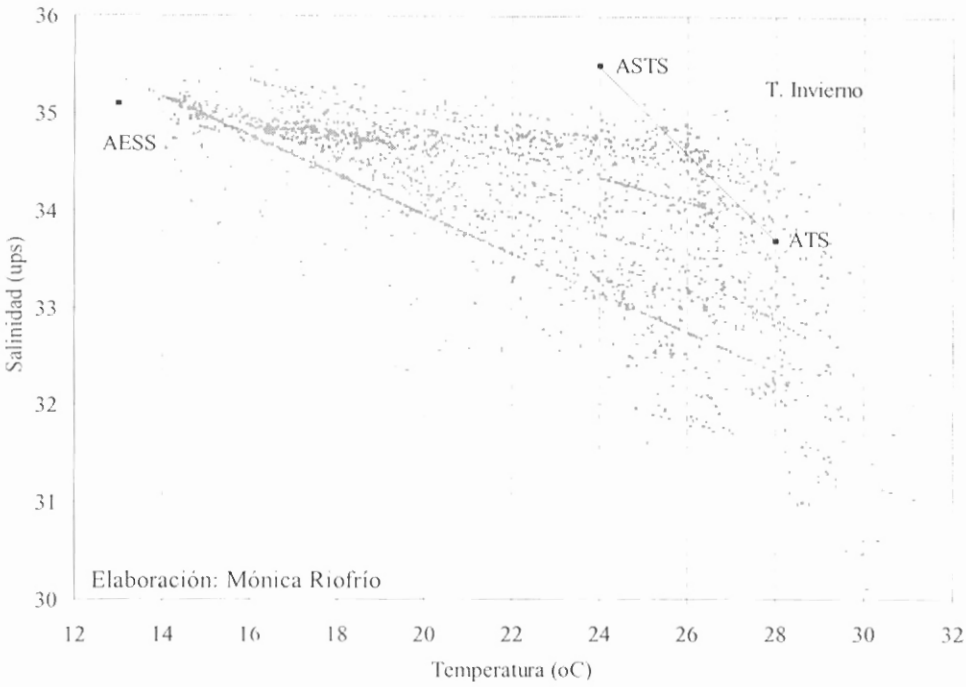
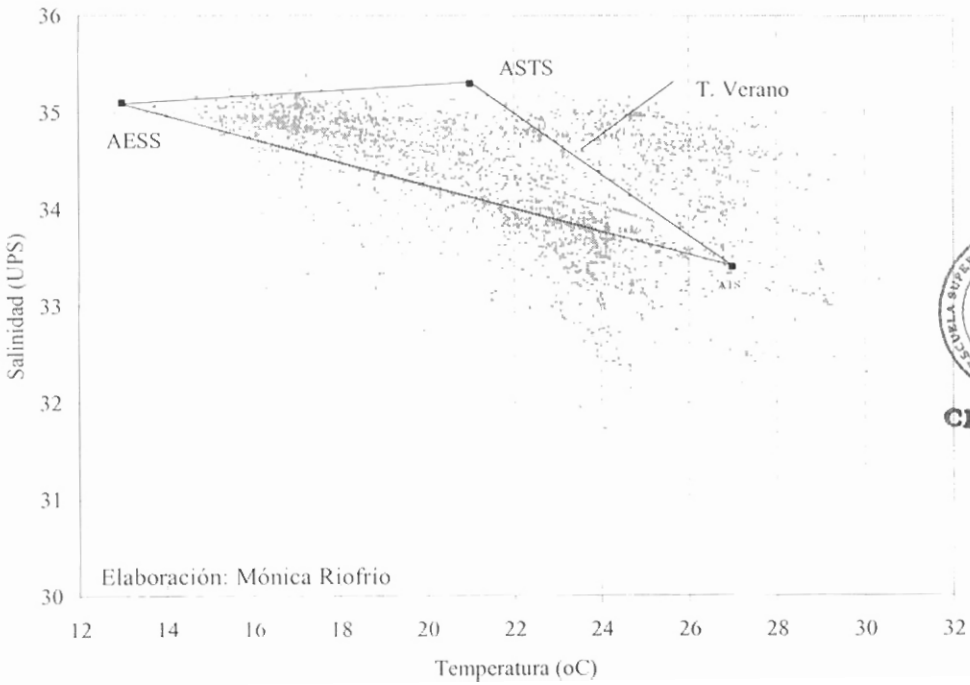


Figura 47. Diagrama TS de los datos semanales (0 a 40 m) medidos en *El Pelado* durante los meses de estación seca (1992-2002) y triángulo de mezcla



En ambas figuras se observa un grupo importante de datos que ocupan la parte exterior de los triángulos de mezcla estacionales. Para justificar que los datos fuera del triángulo (Fig. 46 y 47) estuviesen afectados por agentes externos, se analiza los rangos de temperatura y salinidad del triángulo de puntos en condiciones *normales*. Para ello, se extrae aquellos datos que han sido afectados por eventos climáticos extraordinarios y por el efecto costero de la descarga de ríos. Se eliminó el efecto ENOS discriminando los datos TS de los años 92, 97 y 98, y la influencia costera local descartando los datos de los 10 primeros metros de los meses de invierno.

En las figuras 48 y 49 se han plotado los datos TS filtrados y se observó, respecto a los rangos originales, que el límite inferior de salinidad aumentó en 1 ups para invierno (32 ups) y permaneció igual para verano, mientras que el límite superior de temperatura disminuyó en 2° C para invierno (27° C) y en 2° C para verano (27° C). Analizando las dos condiciones, se observó que no todos los puntos pueden ser justificados con el triángulo de mezcla.

Figura 48. Diagrama TS de los meses de estación húmeda (datos 0 a 40 m), sin considerar el efecto El Niño y efecto costero (1993-1996 y 1999-2002)

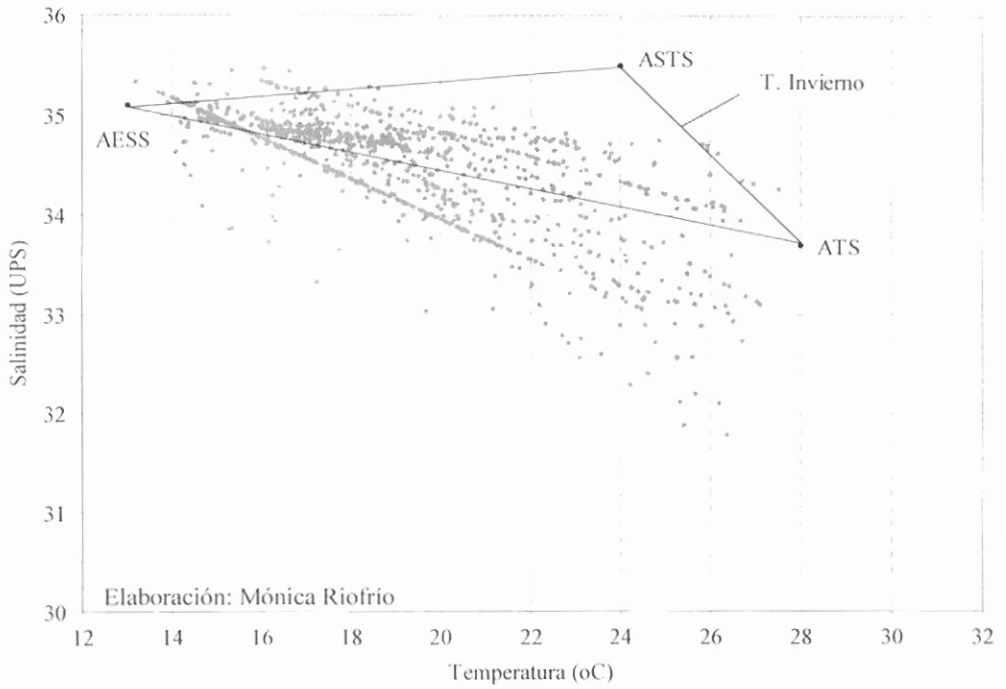


Figura 49. Diagrama TS de los meses de estación seca (datos 0 a 40 m), sin considerar el efecto El Niño (1993-1996 y 1999-2002)

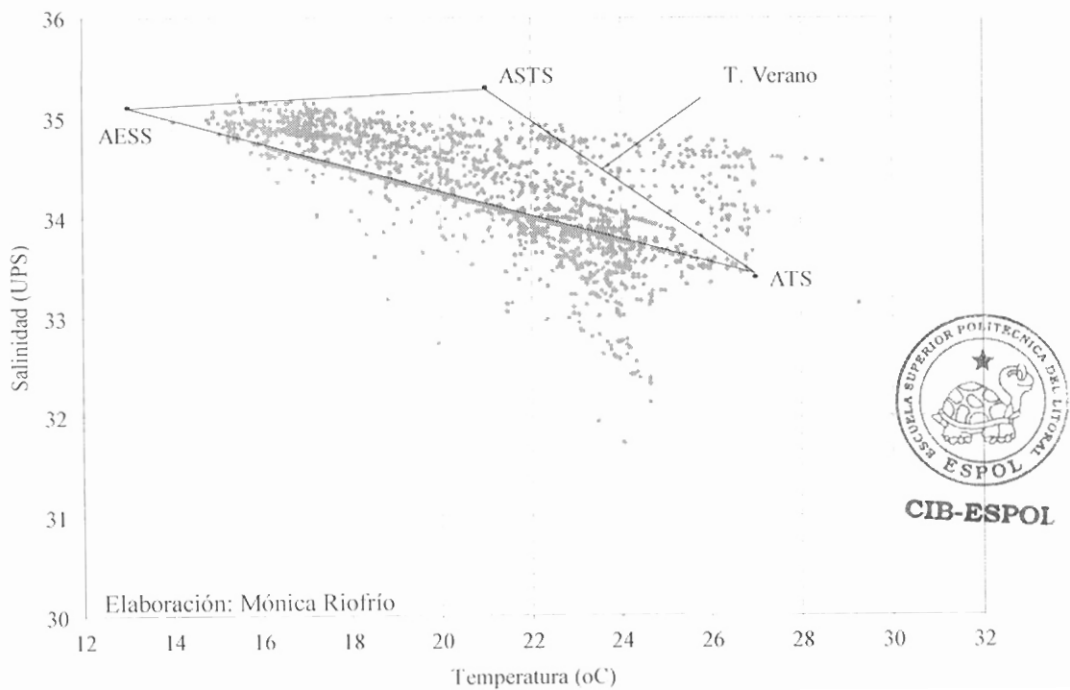


Figura 50. Diagrama TS con datos semanales climatológicos (0 a 40 m) de los meses de la estación húmeda (1992-2002)

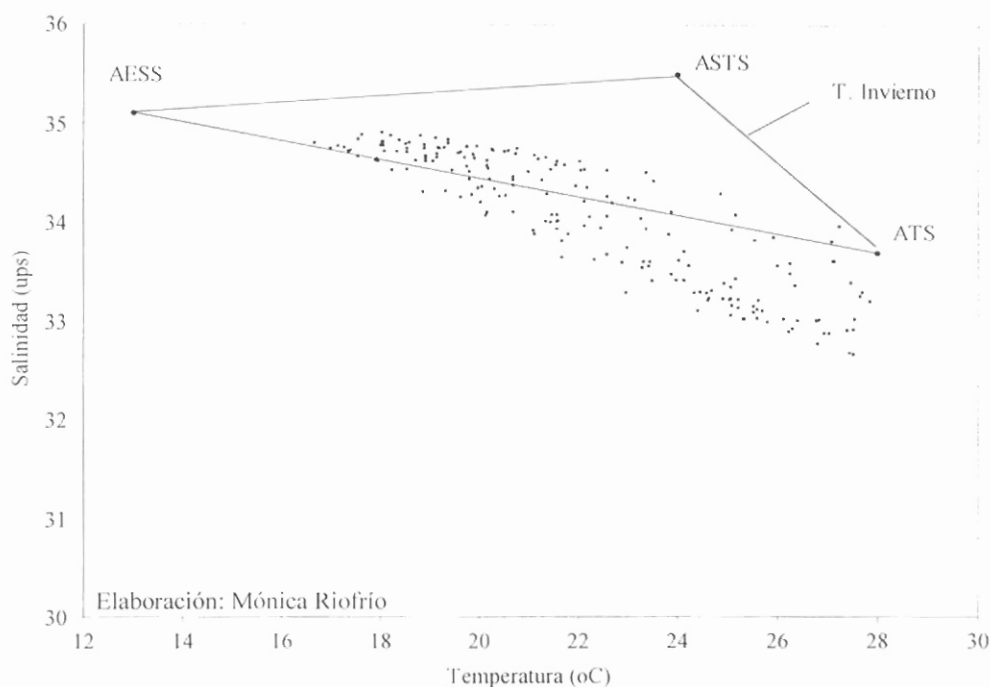
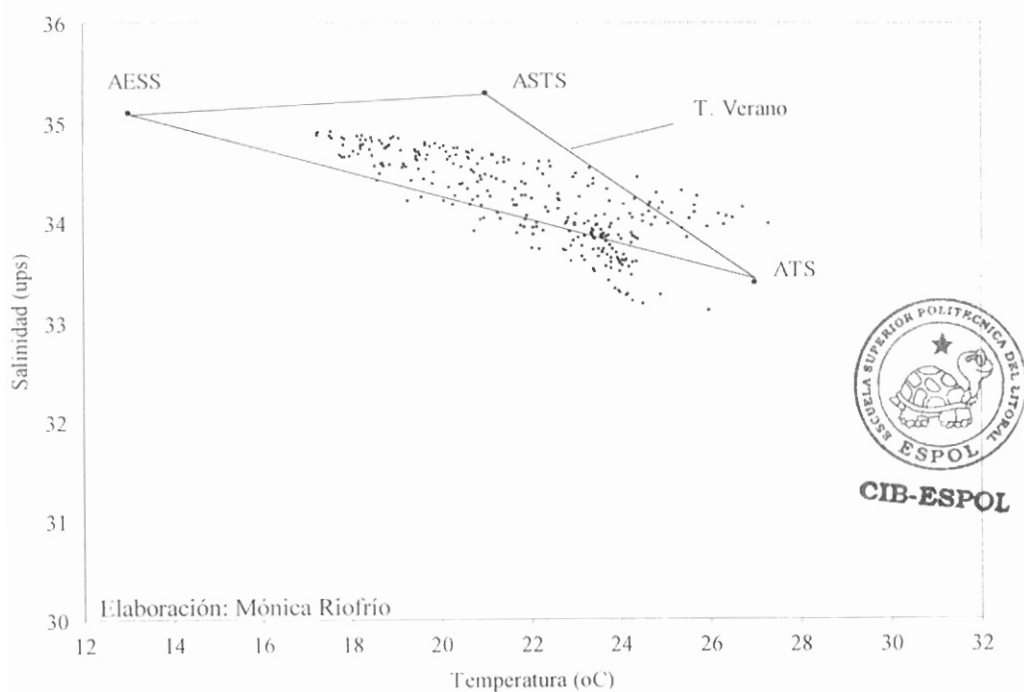


Figura 51. Diagrama TS con datos semanales climatológicos (0 a 40 m) de los meses de la estación seca (1992-2002)



Durante la estación húmeda (Fig. 50) se observó que los puntos se alinean principalmente a la recta ATS-AESS. Durante la estación seca (Fig. 51) observamos que la salinidad se incrementa y los puntos TS coinciden mejor dentro del triángulo. Se destaca una presencia importante de ASTS, no obstante la mezcla de ATS y AESS sigue predominando.

5.3.2.2. DISTRIBUCIÓN MENSUAL

Se describe el comportamiento mes a mes de las masas de agua predominantes, para ello se utilizó datos semanales del período total de mediciones (Figuras 52 a 63).

Figura 52. Diagrama TS de datos semanales (0 a 40 m) del mes de enero (1992-2002)

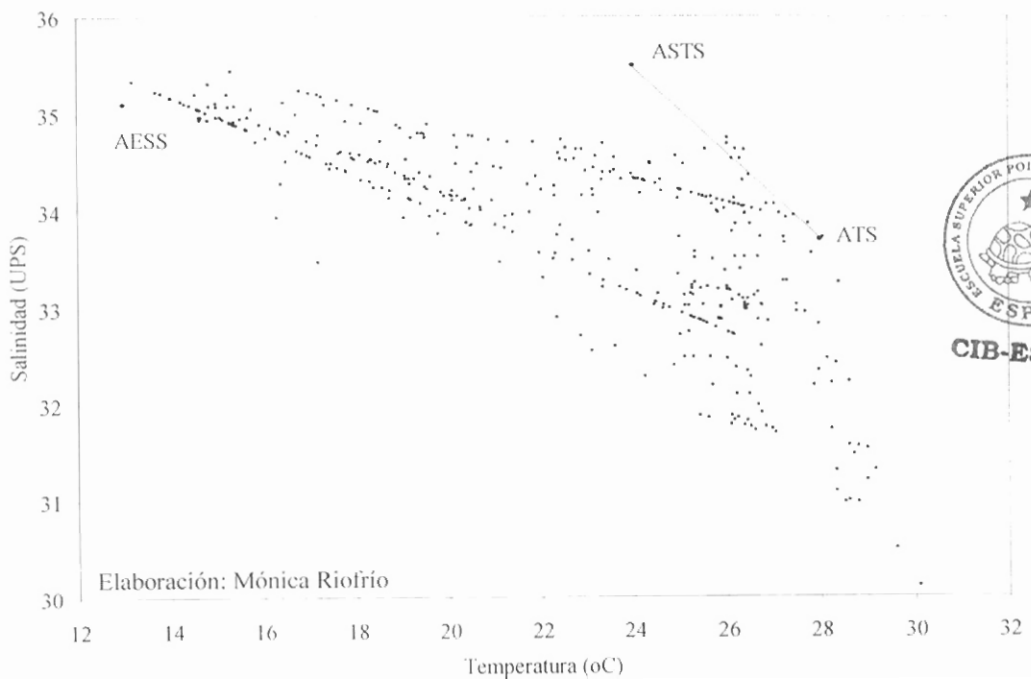


Figura 53. Diagrama TS de datos semanales (0 a 40 m) del mes de febrero (1992-2002)

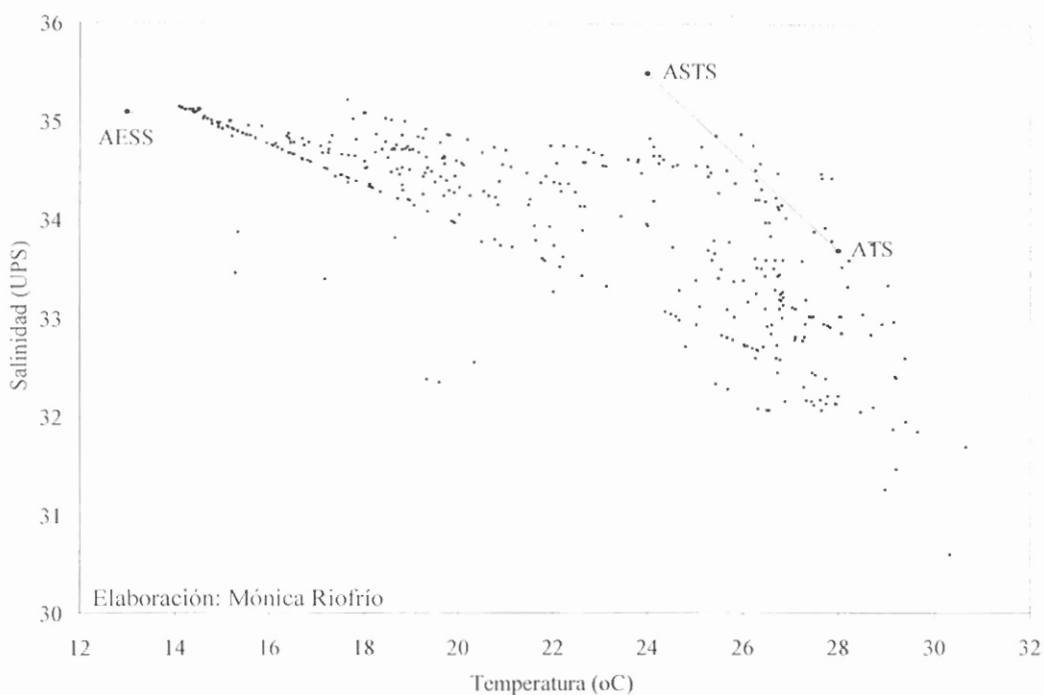
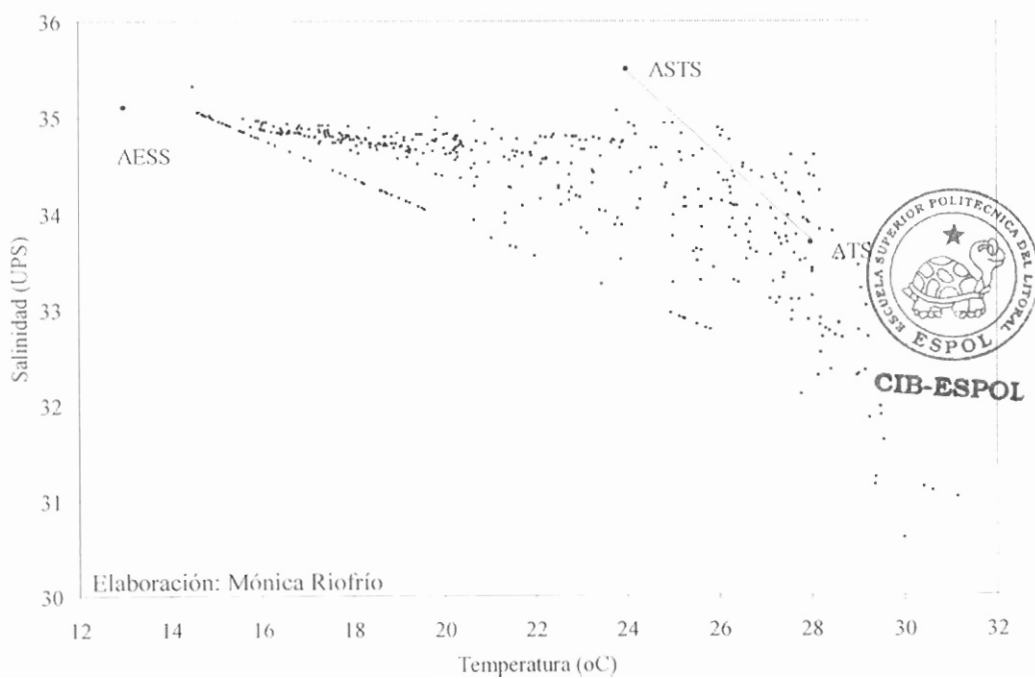


Figura 54. Diagrama TS de datos semanales (0 a 40 m) del mes de marzo (1992-2002)



En el mes de enero (Fig. 52) se observó que más del 50% de los puntos poseen salinidades muy por debajo de lo establecido por el triángulo de mezcla, siendo las mínimas de 31 ups. Los puntos alrededor de la recta AESS-ATS, determinan la presencia predominante de las dos masas de agua. En los siguientes dos meses (Fig. 53 y 54) las salinidades incrementan progresivamente su valor, por lo tanto en marzo existe una mayor densidad de puntos en el interior del triángulo concentrándose principalmente en las cercanías del vértice AESS.

Figura 55. Diagrama TS de datos semanales (0 a 40 m) del mes de abril (1992-2002)

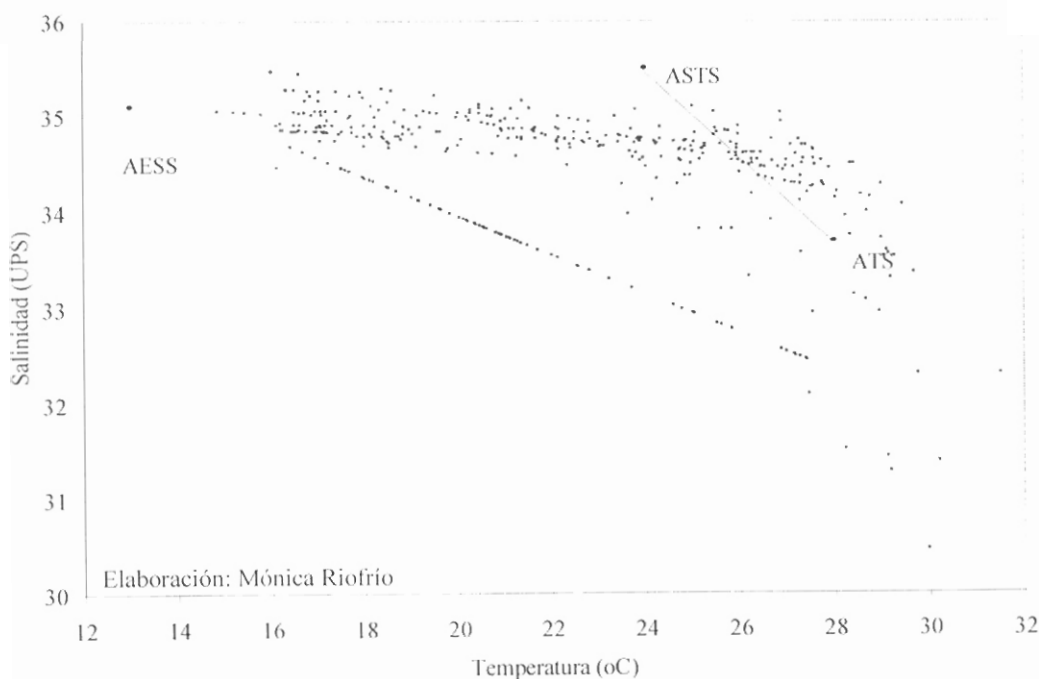


Figura 56. Diagrama TS de datos semanales (0 a 40 m) del mes de mayo (1992-2002)

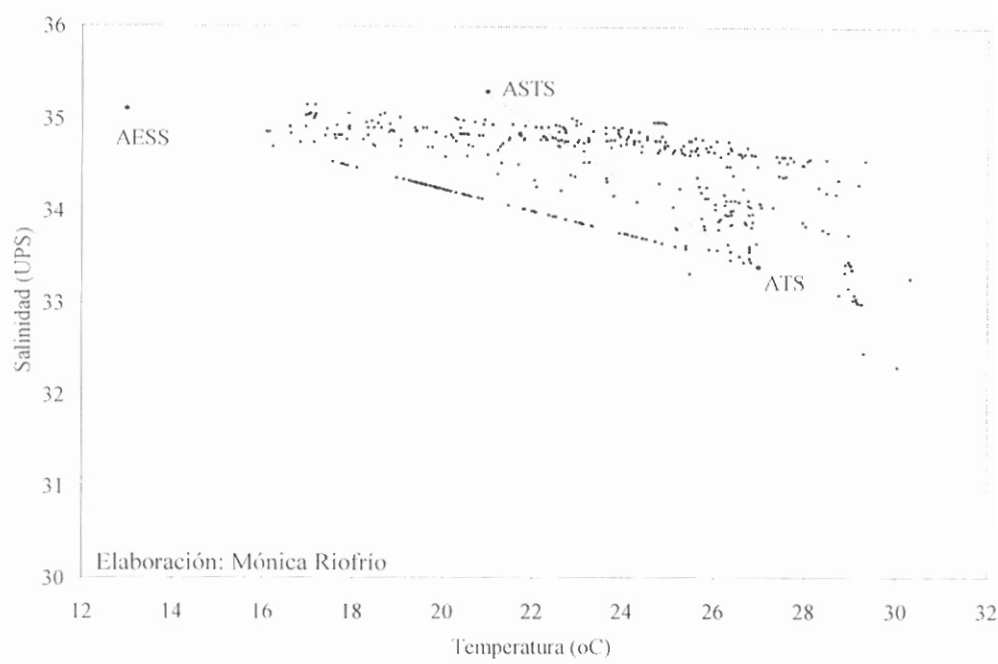
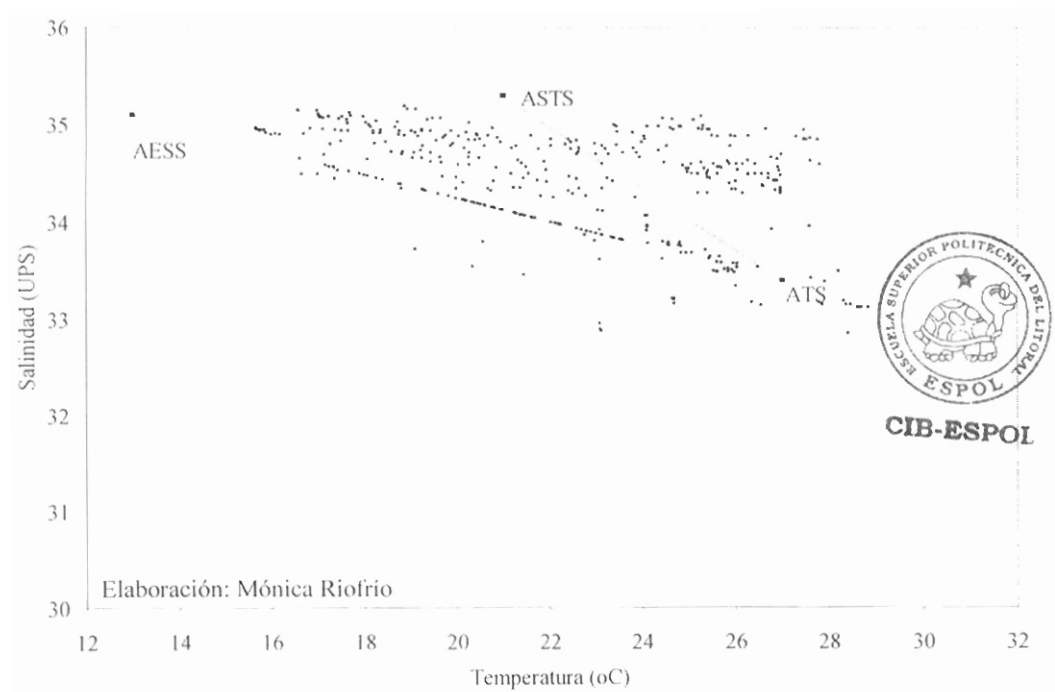


Figura 57. Diagrama TS de datos semanales (0 a 40 m) del mes de junio (1992-2002)



En el mes de abril (Fig. 55) se observa que las salinidades de los puntos se han incrementado y que la mayoría de ellos presentan valores por encima de los 34.6 ups, disminuyendo AE:SS, mientras que ASTS comienza a incrementar notablemente su presencia a expensas de ATS y AE:SS.

En el mes de mayo (Fig. 56) los puntos se concentran alrededor de 34.8 ups y en junio (Fig. 57) se dispersan ligeramente. Es importante la presencia de ASTS en ambos meses. Se debe resaltar que en este período el 99% de los puntos se incluyen en el rango de salinidades establecidos por el triángulo de mezcla.

Figura 58. Diagrama TS de datos semanales (0 a 40 m) del mes de julio (1992-2002)

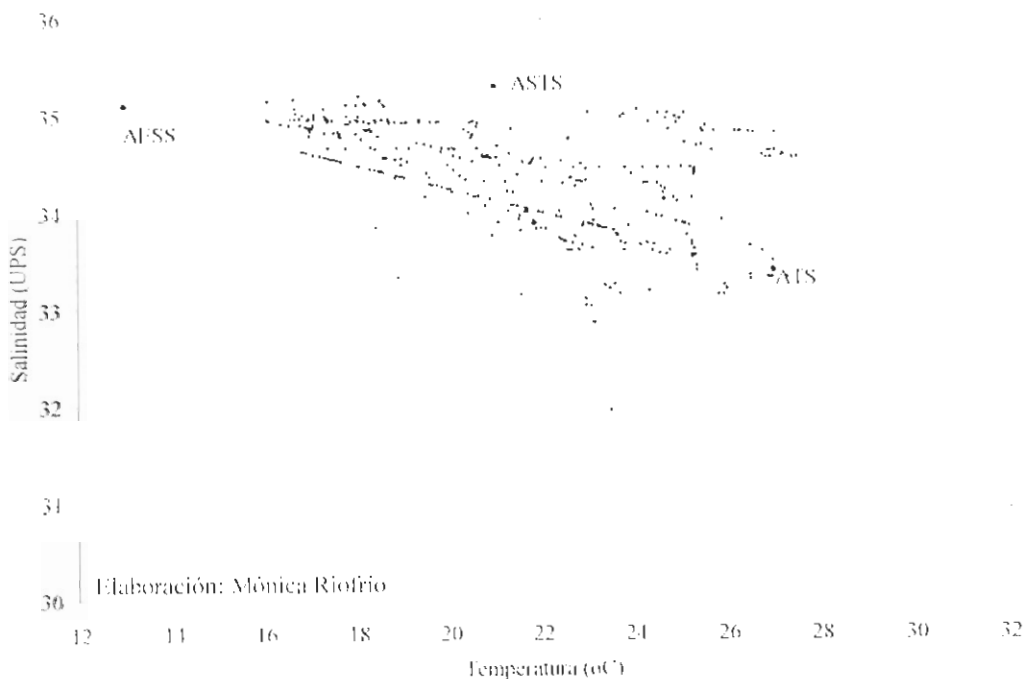


Figura 59. Diagrama TS de datos semanales (0 a 40 m) del mes de agosto (1992-2002)

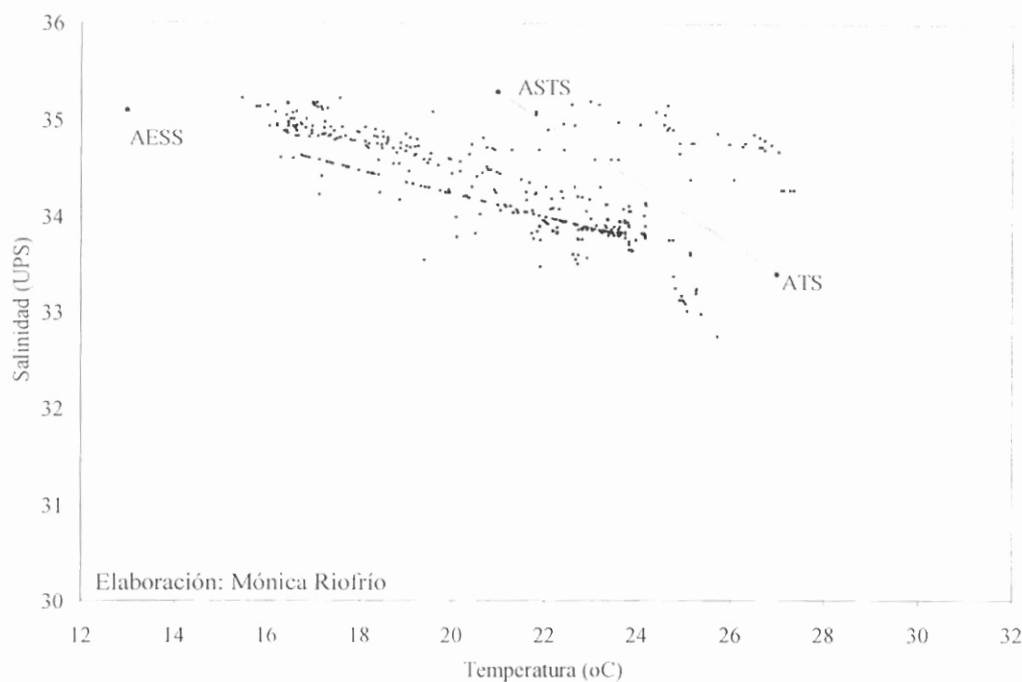


Figura 60. Diagrama TS de datos semanales (0 a 40 m) del mes de septiembre (1992-2002)

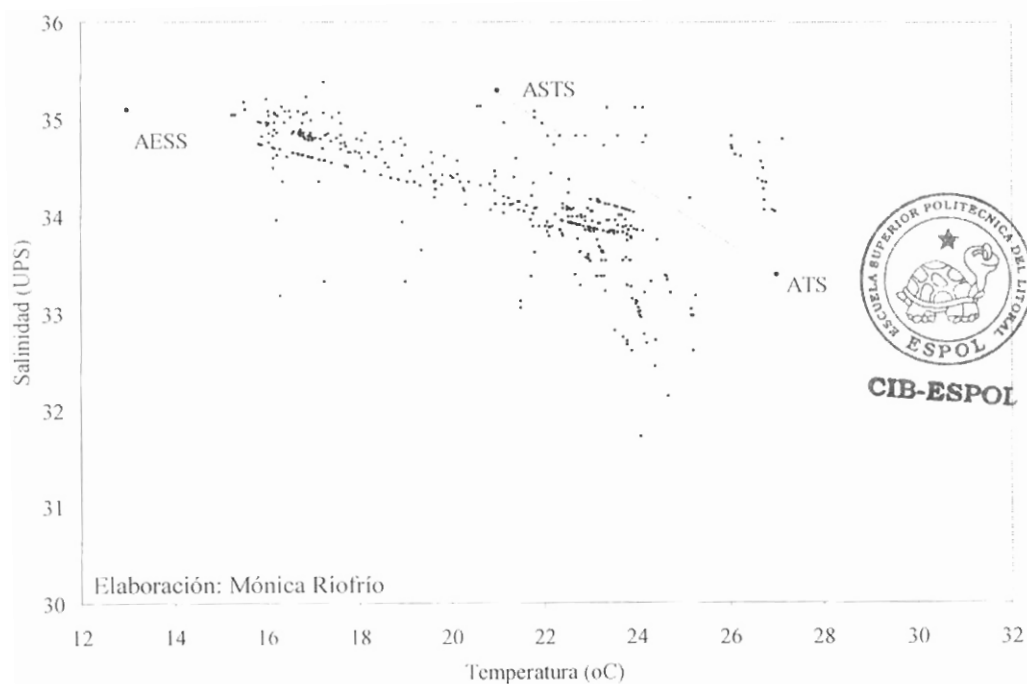


Figura 61. Diagrama TS de datos semanales (0 a 40 m) del mes de Octubre (1992-2002)

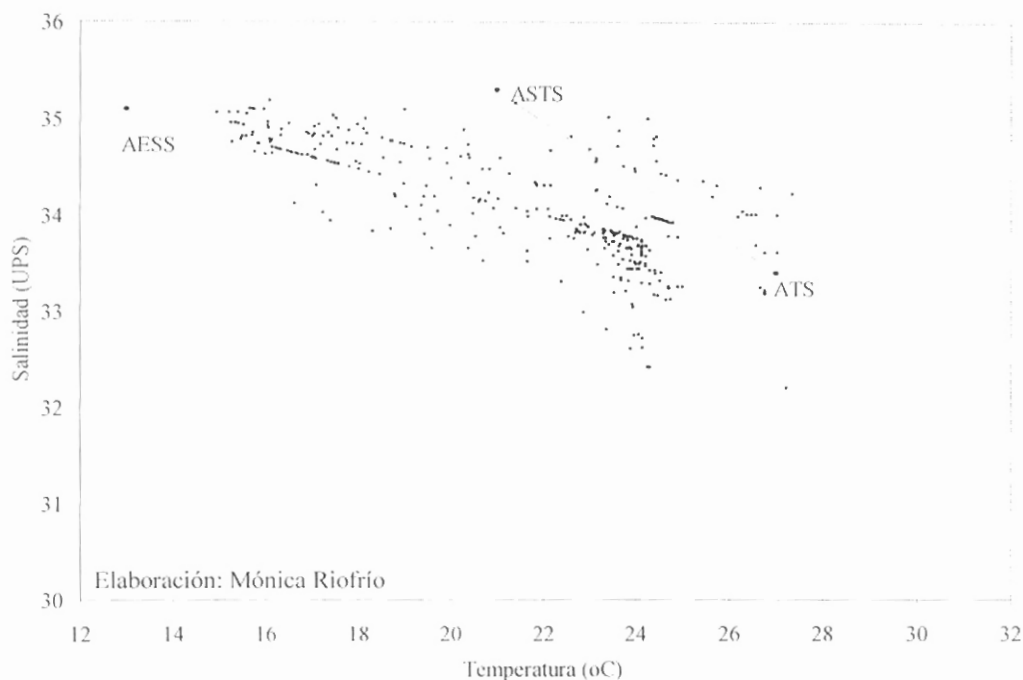


Figura 62. Diagrama TS de datos semanales (0 a 40 m) del mes de noviembre (1992-2002)

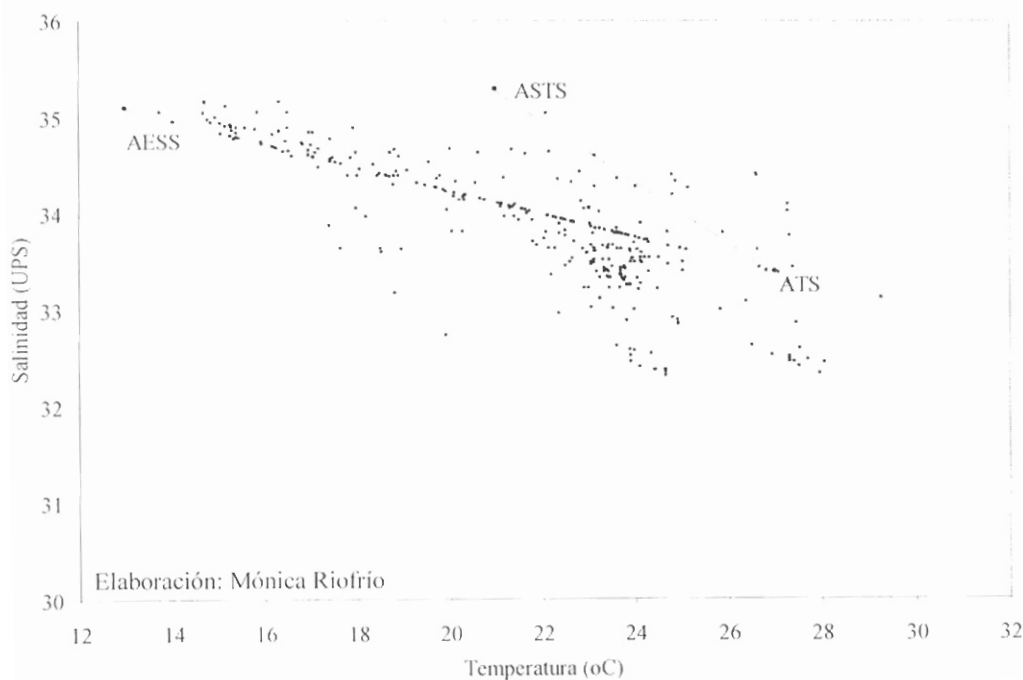
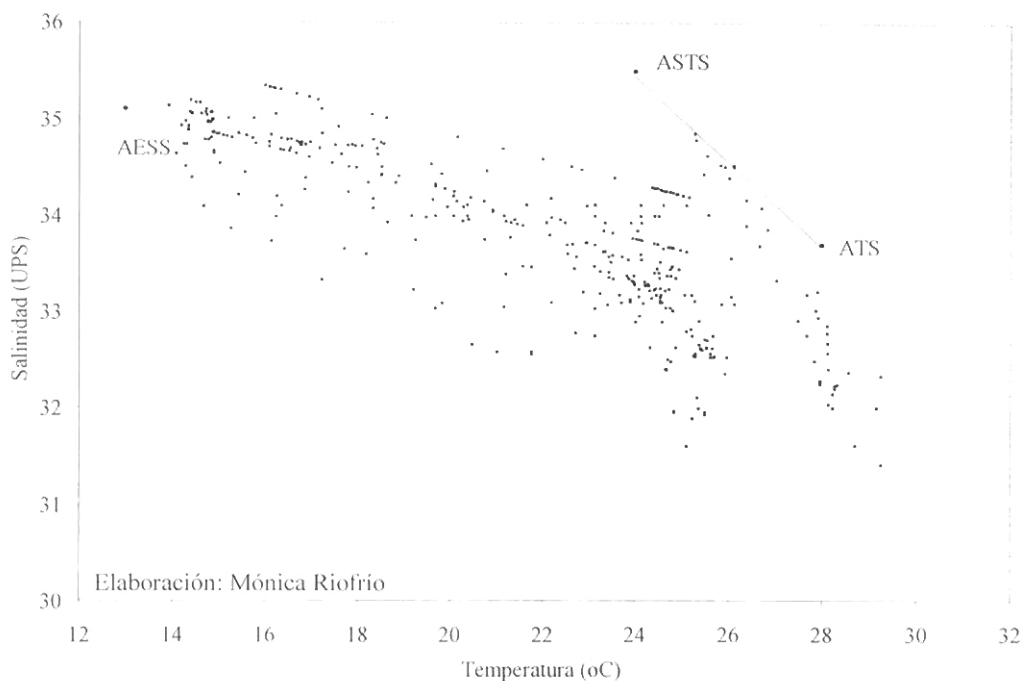


Figura 63. Diagrama TS de datos semanales (0 a 40 m) del mes de diciembre (1992-2002)



En julio (Fig. 58) los puntos conservan todavía una característica similar a mayo y junio, mientras que en agosto (Fig. 59) se inicia un proceso de disminución de la salinidad que se mantiene hasta octubre (Fig. 60 y 61), para acentuarse en noviembre-diciembre (Fig. 62 y 63) donde las salinidades bajas están ya asociadas a temperaturas más altas.



La existencia de otras estructuras de masas de agua resultan importantes en la columna de agua, por la cantidad de puntos que aparecen mes a mes en el exterior del triángulo de mezcla. En consideración a ello se puede mencionar que un conjunto de puntos de baja salinidad (bajo el triángulo) se encuentran en casi todos los meses del año, siendo escasos en mayo y junio, y abundantes en diciembre y enero. Mientras tanto, otro grupo de puntos con características de alta temperatura y alta salinidad (derecha del triángulo) se presentan desde marzo hasta octubre, con concentraciones mayores en mayo y junio y menores en los meses restantes. Un gran porcentaje de datos con estas últimas características se observan especialmente durante eventos cálidos de corto o largo periodo.

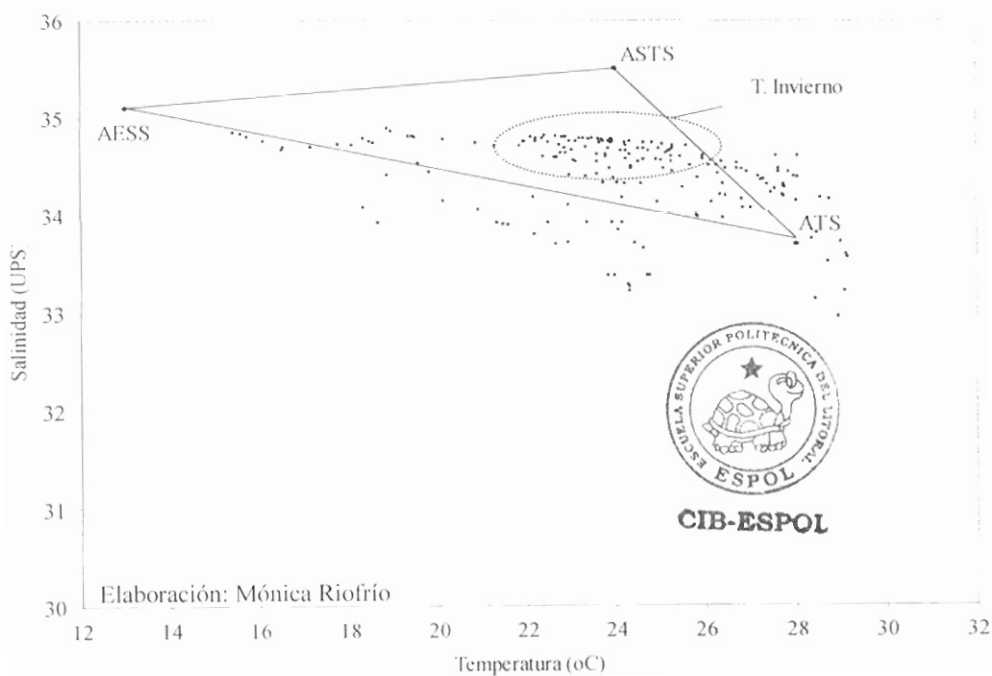
5.3.2.3. MASAS DE AGUA Y EVENTOS ENOS

Durante el periodo de mediciones en *El Pelado*, se presentaron principalmente dos eventos *El Niño*, el de 1992 considerado moderado y el de 1997-1998 considerado extraordinario. El primero se manifestó en el invierno (estación húmeda) y el segundo desde el verano de 1997 hasta el invierno de 1998. En el otro extremo, eventos *La Niña* se han presentado en algunos años, describiéndose el evento de 1999.

Caso 1: El Niño 1992

Se presenta los datos semanales de los meses correspondientes a la estación húmeda (Fig. 64), observándose una mayor presencia de ATS en combinación con ASTS, que se encuentran en mayor proporción. Se destaca que las salinidades se mantuvieron relativamente altas durante el evento.

Figura 64. Diagrama TS con datos semanales (0 a 40 m) de la estación húmeda de 1992



Caso 2: El Niño 1997-1998

En la estación húmeda de 1997 (Fig. 65) el 60 % de los datos se localizan fuera del triángulo estacional, no obstante, los puntos se han distribuido alrededor de las ATS. En la estación seca. (Fig. 66) los valores se han acumulado cerca de la recta ASTS-ATS, resaltándose la anormal presencia de aguas cálidas.

Figura 65. Diagrama TS con datos semanales (0 a 40 m) de la estación húmeda de 1997

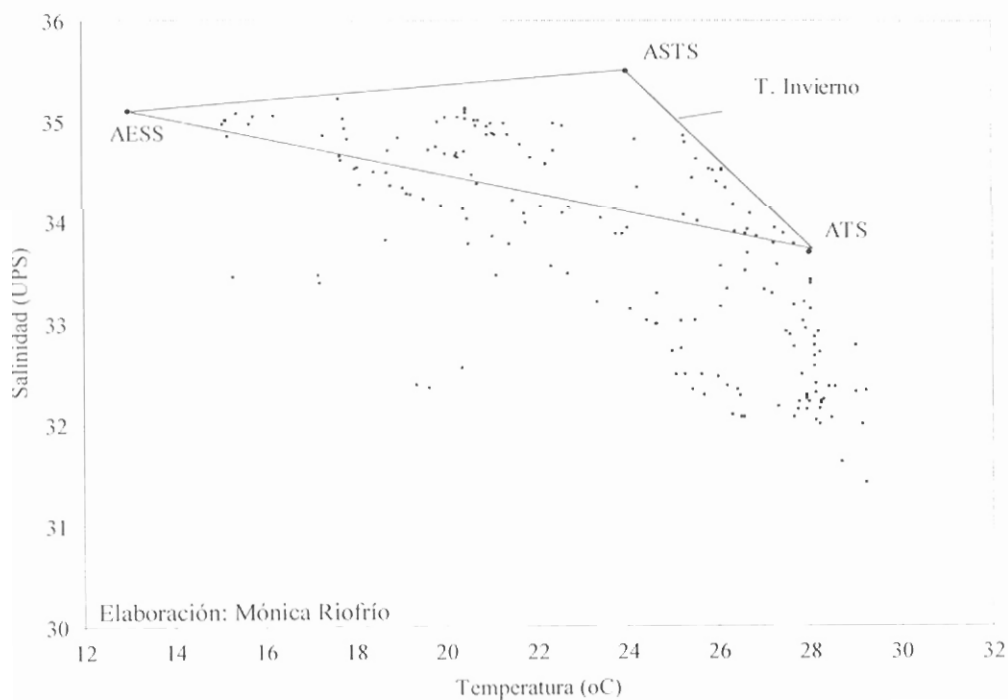
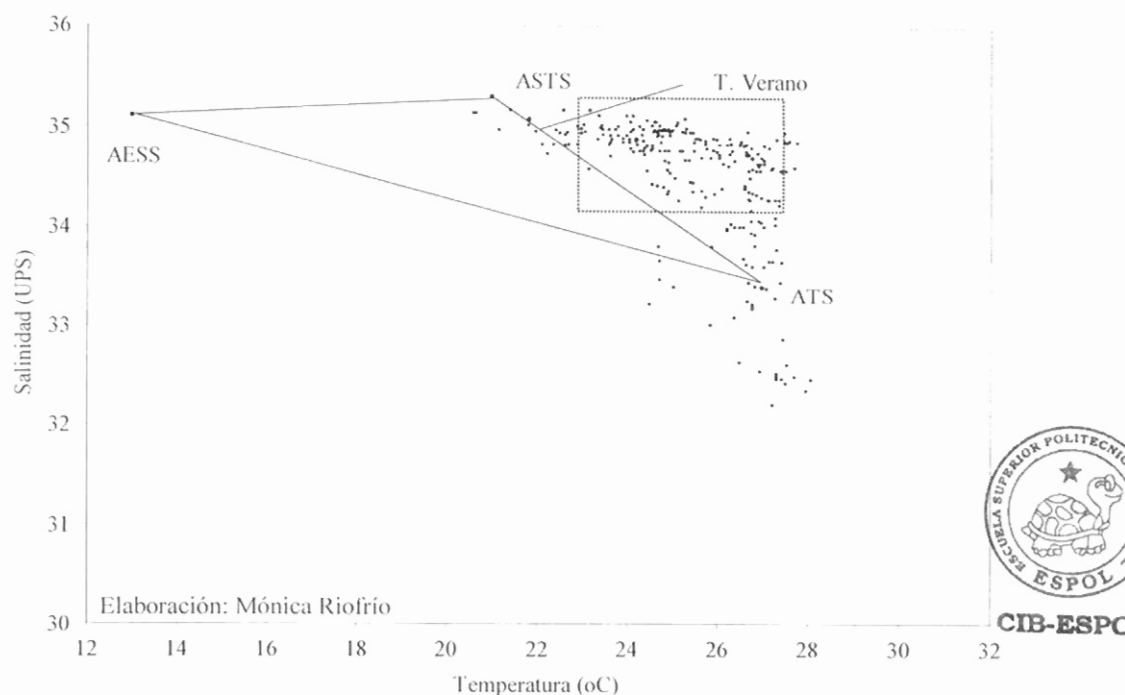


Figura 66. Diagrama TS con datos semanales (0 a 40 m) de la estación seca de 1997



En la estación húmeda de 1998, (Fig. 67), el 80% de los puntos se ubican fuera del triángulo. Globalmente, se observa dos agrupaciones de puntos, una alrededor de la recta ASTS-ATS, manifestación de las dos masas de agua; y otra bajo el vértice ATS, con salinidades entre 31 y 33.7 ups. En la estación seca (Fig. 68) se observa un cambio radical en las estructuras de masas de agua, con la presencia de un importante porcentaje de puntos contenidos en la recta AESS-ASTS.

Figura 67. Diagrama TS con datos semanales (0 a 40 m) de la estación húmeda de 1998

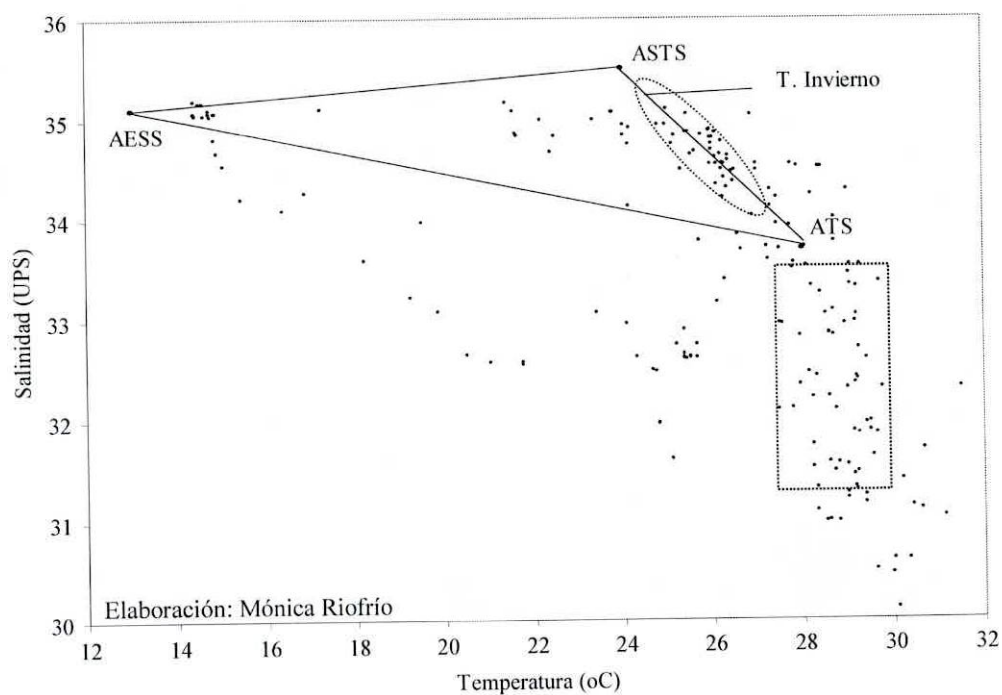
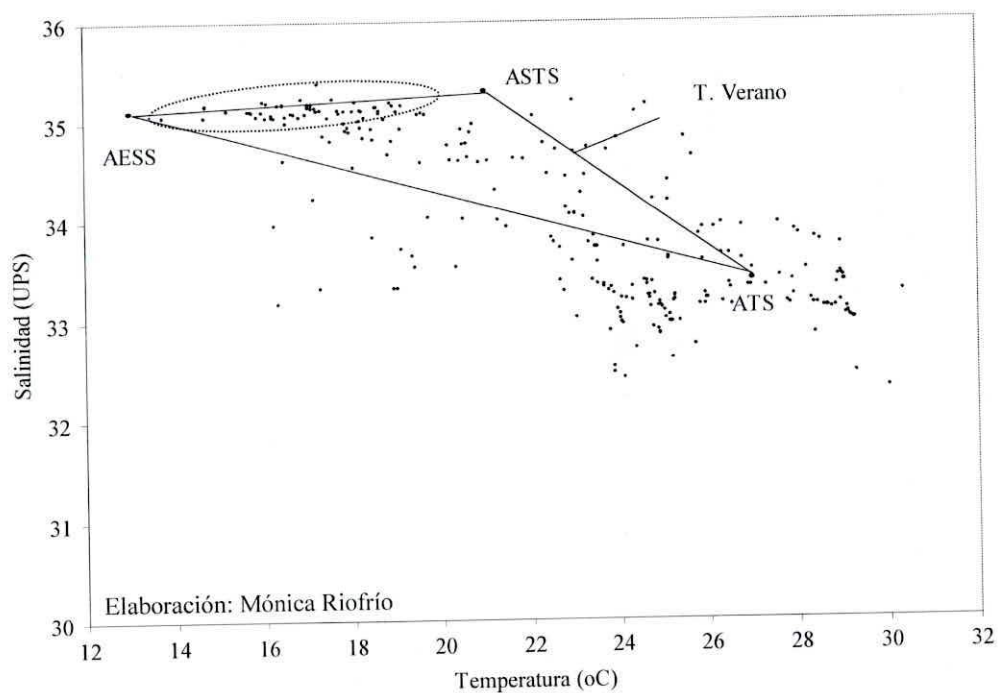


Figura 68. Diagrama TS con datos semanales (0 a 40 m) de la estación seca de 1998



Caso 3: La Niña 1999

En el invierno y el verano de 1999 (Fig. 69 y 70) se observa en el interior del triángulo, una significativa acumulación de puntos muy cerca al vértice AESS, esto demuestra la influencia de esta masa en la columna de agua durante todo el año.

Figura 69. Diagrama TS con datos semanales (0 a 40 m) de la estación húmeda de 1999

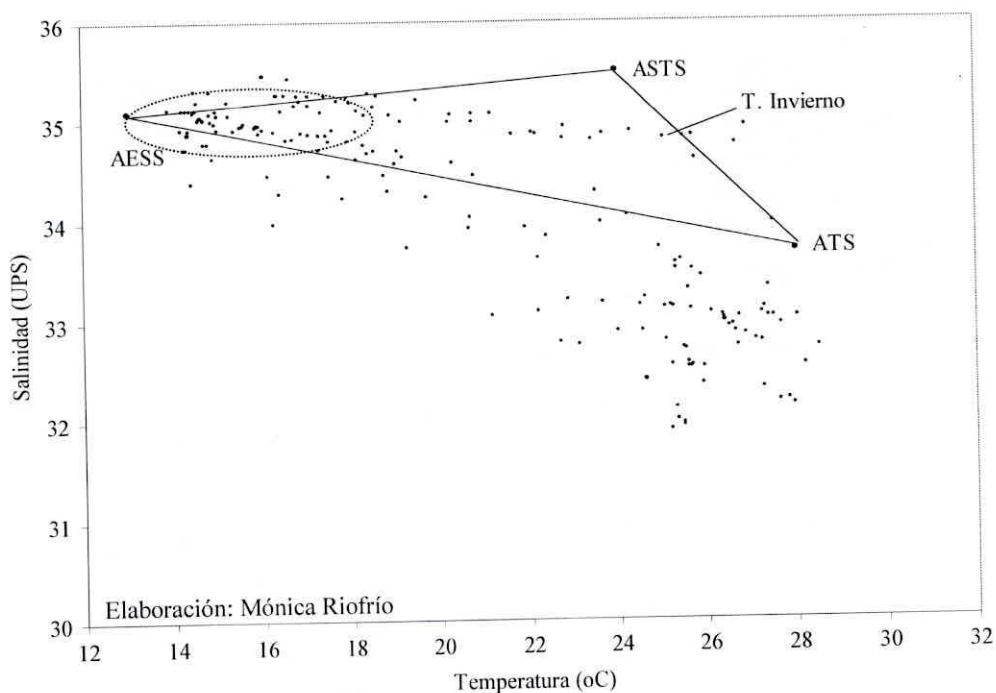
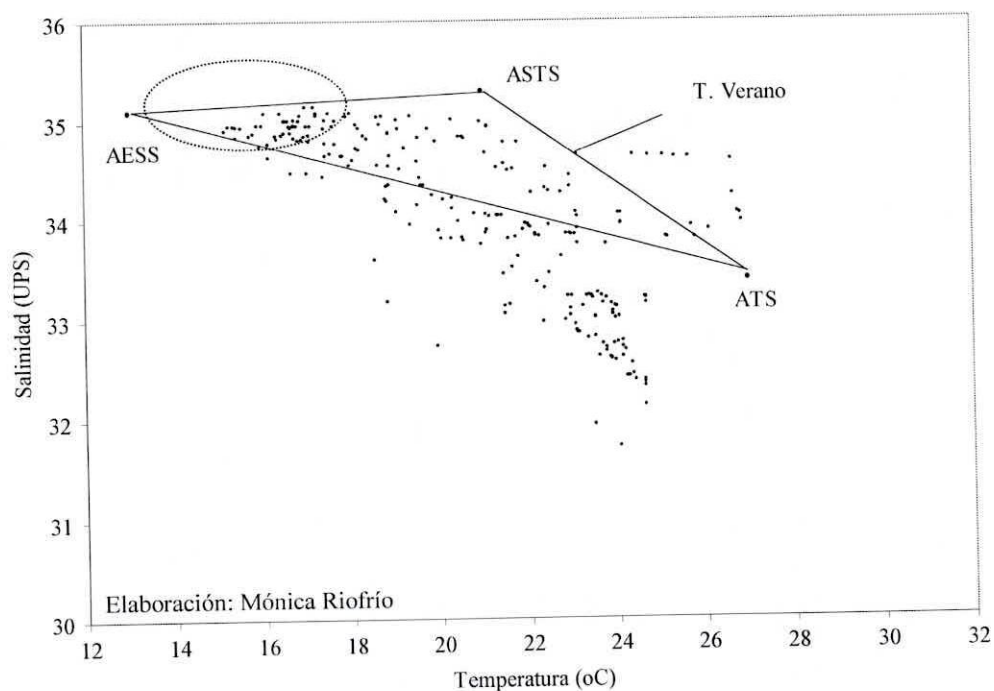


Figura 70. Diagrama TS con datos semanales (0 a 40 m) de la estación seca de 1999



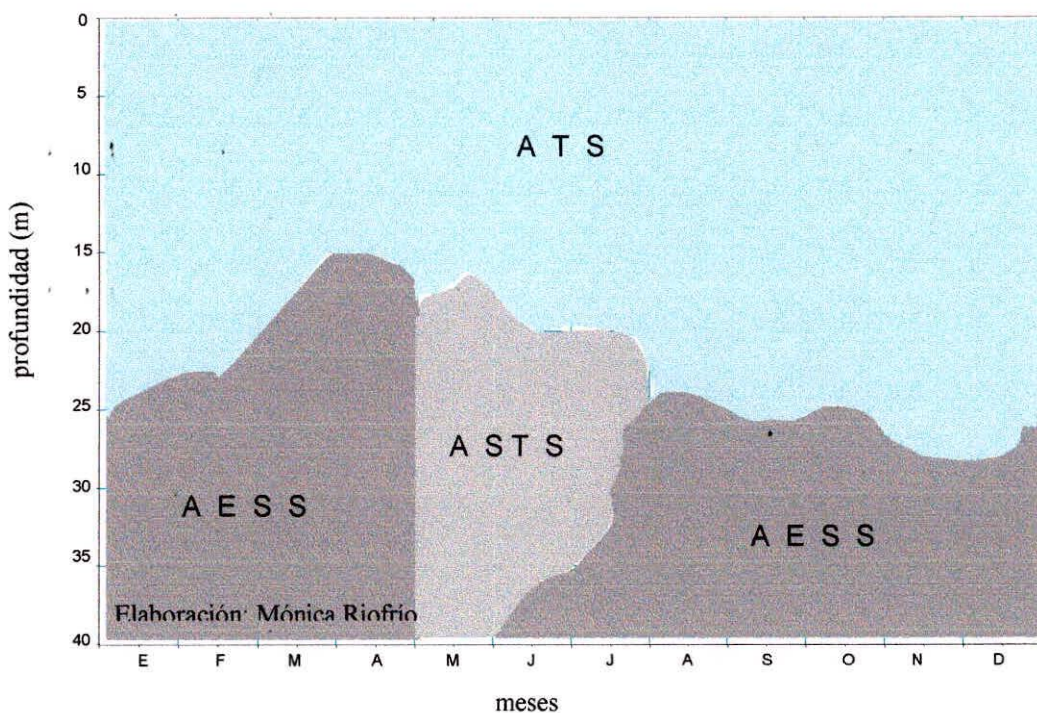
5.3.3. DISTRIBUCIÓN VERTICAL DE LAS MASAS DE AGUA

5.3.3.1. DISTRIBUCIÓN VERTICAL DE UN AÑO CLIMATOLÓGICO

Los datos utilizados fueron promedios mensuales multianuales de temperatura y salinidad (presentados en el numeral 5.1) analizados en base al uso de los triángulos de mezcla estacionales. Los resultados son presentados en la figura 71,

donde se ha destacado únicamente las masas de agua predominantes.

Figura 71. Distribución climatológica vertical de las masas de agua



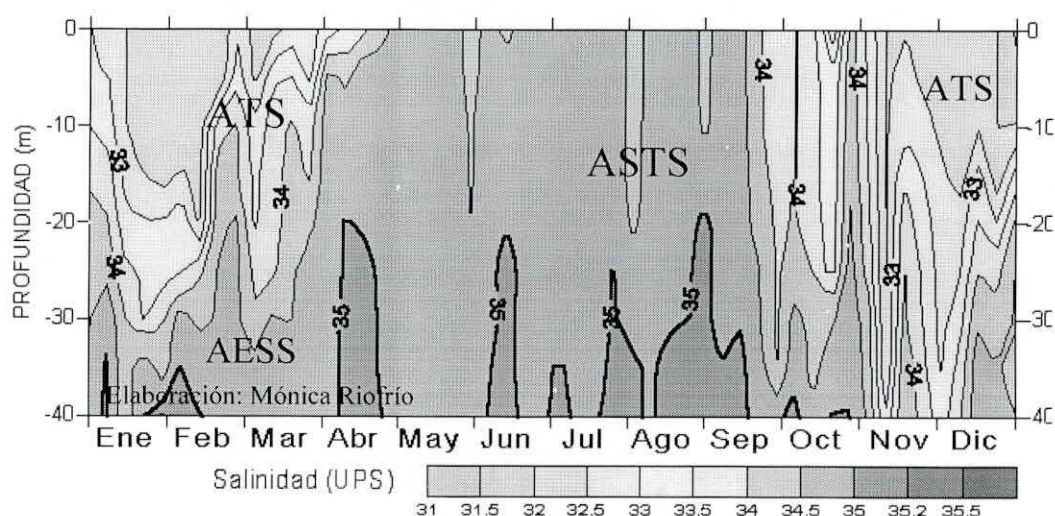
Como se puede observar, encontramos predominio anual de ATS desde la superficie hasta alrededor de los 25 metros de profundidad, excepto en abril y mayo en que su influencia es predominante únicamente hasta los 15 m. La predominancia de ATS está básicamente relacionada a las aguas sobre la termoclina. En las aguas más profundas de *El Pelado* prevalecen las AESS, excepto de mayo a julio, en que

encontramos, desde los niveles medios, un predominio de ASTS en la columna de agua.

5.3.3.2. DISTRIBUCIÓN VERTICAL DEL AÑO 1997

La base de los resultados fueron las estructuras anuales de temperatura y salinidad a escala de tiempo semanal (Anexos 2), cuyos datos fueron analizados con los triángulos de mezcla. Cabe destacar que en este período la termoclina aparece únicamente desde enero hasta marzo y está acompañada de una angosta capa de mezcla (menor a 10 metros).

Figura 72. Distribución vertical de las masas de agua referente al año 1997



En los tres primeros meses (Fig. 72), sobre la termoclina, presencia predominante de ATS. En abril y mayo se presentó una mezcla de ATS y ASTS. Desde junio hasta septiembre, hallamos presencia mayoritaria de ASTS en toda la columna. En el último trimestre presencia principal de ATS en toda la columna de agua.

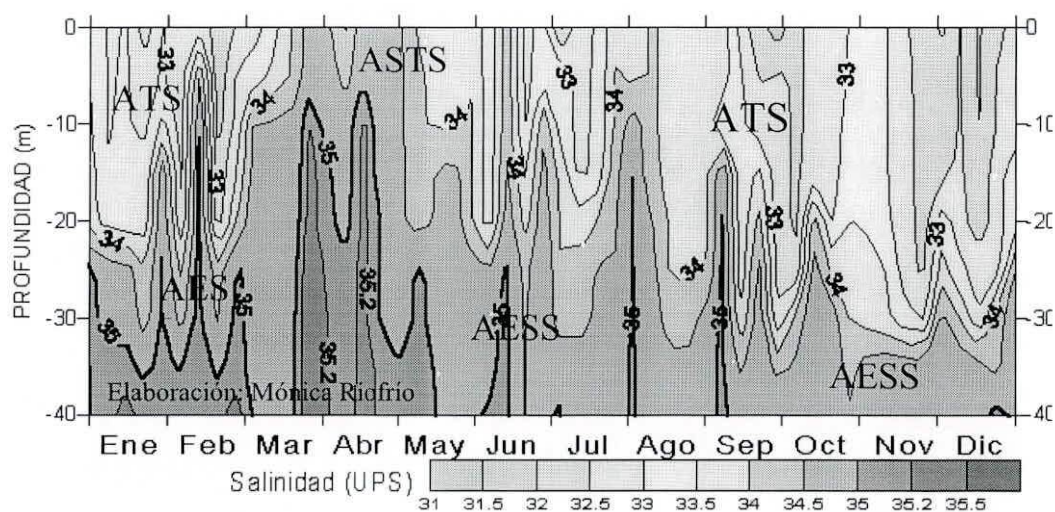
5.3.3.3. DISTRIBUCIÓN VERTICAL DEL AÑO 1999

En el establecimiento de las masas de agua se utilizaron las estructuras de temperatura y salinidad verticales a escala de tiempo semanal (Anexo 2).

Durante el año, la termoclina aparece oscilante y en repetidos ocasiones (6 meses) muy superficial, particularmente en febrero (Anexo 2).

En 1999 se observó sobre la termoclina el predominio de ATS en todo el año aunque existió un aporte significativo en superficie de ASTS en abril y mayo. Bajo la termoclina, se observa el predominio anual de AESS (Fig. 73).

Figura 73. Distribución vertical de las masas de agua referente al año 1999



5.4. ALMACENAMIENTO CALÓRICO Y SU DISTRIBUCIÓN TEMPORAL Y VERTICAL

La energía solar es la principal fuente de energía del mar, siendo afectada por procesos físicos ambientales como la evaporación, la precipitación, la advección o mezcla, entre otros. La suma de todas estas ganancias y/o pérdidas de calor en un volumen específico, equivale a encontrar el cambio de calor contenido en el volumen por unidad de tiempo. ($\Delta H/\Delta t$). Esta relación suele llamarse “Abastecimiento de calor” y está asociada con el aumento o disminución de temperatura del volumen de agua (Enfield, 1978)

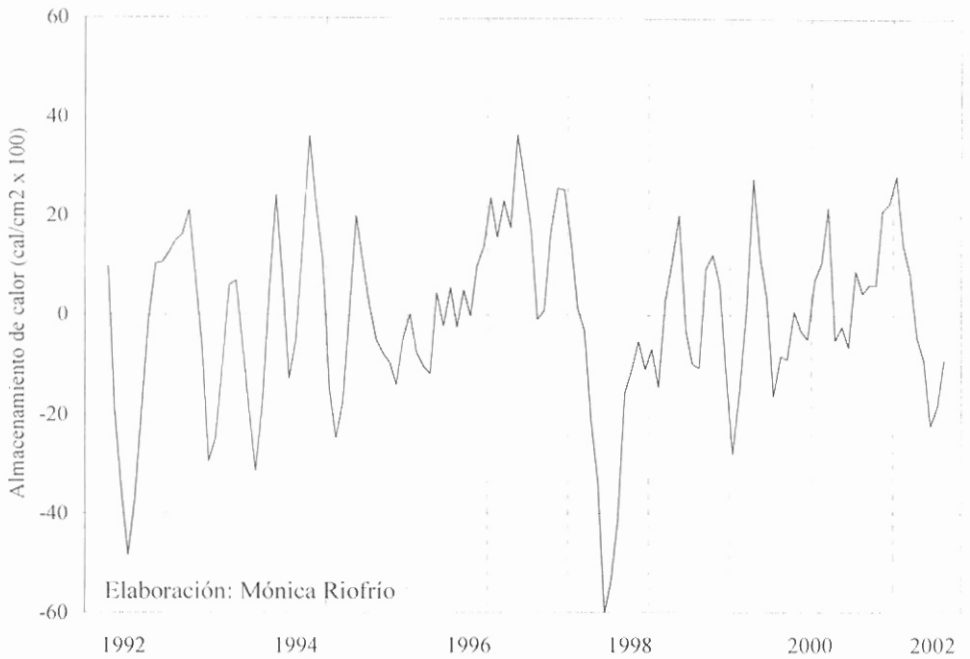
Para este trabajo, el abastecimiento de calor se lo ha denominado *Almacenamiento de Calor* (AC) Los resultados calculados se los expresa en cal/cm^2 ó langley. A la serie de datos mensuales se le aplicó doble media móvil de tres meses..

5.4.1. DISTRIBUCIÓN TEMPORAL DEL ALMACENAMIENTO DE CALOR

De manera general, la curva de almacenamiento de calor (Fig. 74) no establece un patrón periódico de comportamiento, observándose continuas oscilaciones del AC, con distintas periodicidades.

En términos de cal/cm^2 , la curva graficada oscila dentro de una franja entre 3000 y -3000 cal/cm^2 , excepto algunos datos extremos.

Figura 74. Medias móviles de 3 meses de la variación mensual del almacenamiento calórico en la columna de 40 m (1992-2002)

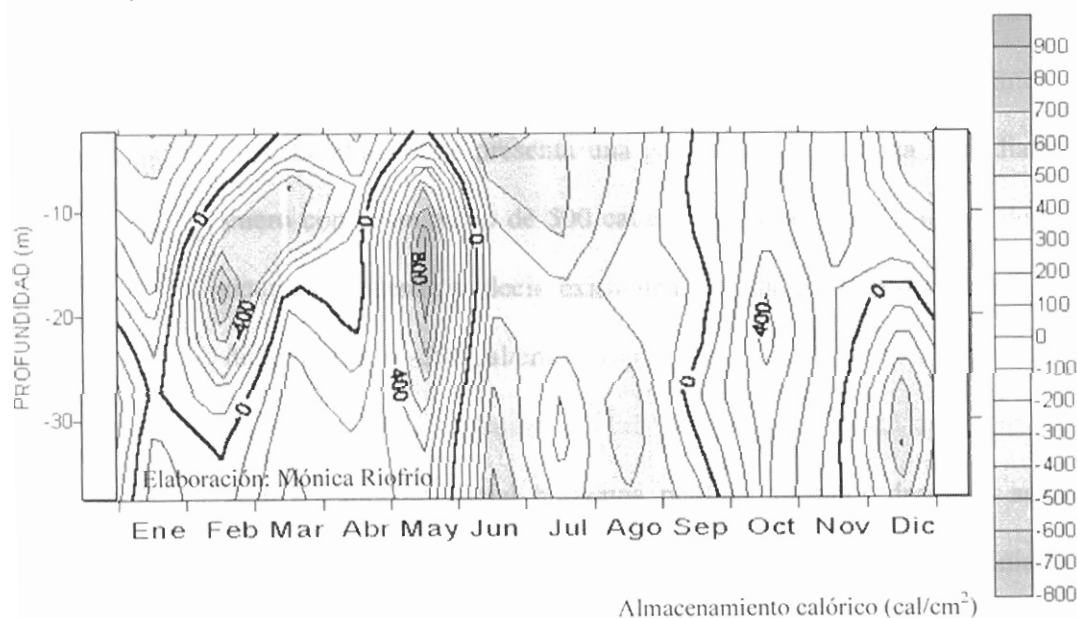


La serie de almacenamiento calórico muestra las mayores pérdidas de calor en la columna de agua en *El Pelado* (energía negativa) en 1992 (-4900 cal/cm²) y en 1998 (-6000 cal/cm²), coincidiendo con los años de madurez de eventos El Niño, mientras que los niveles máximos de almacenamiento se alcanzan en 1994 y 1997 con valores de 3700 cal/cm². Se destaca el prolongado periodo de almacenamiento calórico (desde 1996) previo al evento de 1997.

5.4.2. DISTRIBUCIÓN VERTICAL DEL ALMACENAMIENTO DE CALOR

La climatología vertical del almacenamiento de calor se la calculó en base a los datos promedio semanales de temperatura y salinidad desde 1992 hasta el 2002 (Fig. 75).

Figura 75. Climatología de la estructura vertical del almacenamiento calórico basados en promedios multianuales (1992-2002)



Según la climatología vertical de AC (Fig. 75), se puede apreciar principalmente secciones o períodos con núcleos de gradientes positivos (ganancia de calor) y de gradientes negativos (pérdida de calor).

Una ganancia continua de calor en la columna de agua, se presenta durante el período comprendido entre fines de abril hasta mediados de mayo con un máximo de 900 cal/cm^2 . Otro período de menor intensidad de ganancia de calor se establece desde fines de septiembre hasta mediados de octubre llegando a un máximo de 400 cal/cm^2 .

Por otro lado, también hallamos procesos mixtos, es decir ganancia continua y pérdida continua, ubicados en dos sectores diferentes de la columna. Esto tiene su inicio a fines de noviembre, observando que superficialmente se presenta una ganancia que culmina a mediados de enero con un máximo de 500 cal/cm^2 , mientras que en aguas de fondo ocurre lo opuesto, es decir, existe una pérdida que finaliza a mediados de diciembre con -500 cal/cm^2 .

A nivel sub-superficial hallamos pérdida de calor desde la segunda quincena de enero que se extiende hacia la superficie hasta inicios de abril, esta pérdida continua llega a tener un máximo bajo la superficie de -700 cal/cm^2 a mediados de febrero.

Otra pérdida continua de calor a nivel de columna, se establece entre junio y septiembre con isolíneas de AC diferentes a los períodos descritos anteriormente, las máximas pérdidas se presentan en el mes de junio (-600 cal/cm^2).

CAPÍTULO VI

DISCUSIÓN

6.1. SOBRE LOS RESULTADOS

El área de estudio *El Pelado* en once años de monitoreo (1992-2002) se ha visto influenciada por eventos oceanográficos de distintas magnitud y escalas de tiempo, donde destaca el evento extraordinario El Niño 1997-98. Consecuentemente, las climatologías calculadas se han visto afectadas por la ocurrencia de estos eventos asociados principalmente a la variabilidad interanual. De este modo, *e. g.* la inclusión de El Niño 1997-98 afecta las estimaciones, produciendo: climatologías que expresan: temperaturas más cálidas, inviernos menos salinos, una termoclina más profunda que lo normal y alteración sustancial del patrón de masas de agua. Las consecuencias en el análisis de las series pueden ser notables

En el mismo sentido, la variación mensual de anomalías de temperatura en *El Pelado* expresó la presencia de eventos cálidos de distintas magnitudes durante

la extensión de la serie, indicando que el balance calórico se realiza en escala interanual, consecuentemente, los eventos cálidos deben tener sus opuestos correspondientes para mantener el equilibrio del clima en esa escala de tiempo. De este modo, los eventos cálidos deben ser balanceados por eventos fríos de magnitud similar. Sin embargo, esto no se da en la práctica puesto que los eventos fríos La Niña compensan a los cálidos en escalas más largas de tiempo y consecuentemente con magnitudes menores. Por otro lado, el comportamiento de la temperatura oceánica durante eventos La Niña es más variable que durante sus opuestos de El Niño. Esto indica que al ser distinto el comportamiento de los dos eventos, afectan de diferente manera la determinación de las climatologías.

Se puede indicar entonces que las climatologías presentadas no necesariamente corresponden a lo que podemos esperar como un comportamiento “normal”. Esto presenta complicaciones al momento de buscar aplicaciones prácticas de la información. Las climatologías se acercarán a lo “normal” cuando se calcule en base a un mayor número de años. Consecuentemente, al momento actual en que se cuenta únicamente con 11 años de información, se debe considerar estos aspectos cuando se utilice las climatologías estimadas en este trabajo, y realizar los análisis con las respectivas consideraciones teóricas.

No obstante, a pesar de estas complicaciones, la caracterización termohalina de *El Pelado* es válida y ha permitido por un lado verificar algunos

comportamientos de la oceanografía costera y documentar otros no publicados, principalmente en aspectos de masas de agua.

En este sentido, en la climatología de temperatura se establece que la mayor superficialización de la termoclina está asociado a la presencia, en superficie, de temperaturas altas (estación húmeda), mientras que las mínimas TSM están asociadas a una termoclina menos superficial (estación seca). Se destaca que la termoclina se profundiza recurrentemente a partir de abril-mayo marcando una diferencia térmica a nivel subsuperficial entre el período de lluvias y el de ausencia de lluvias.

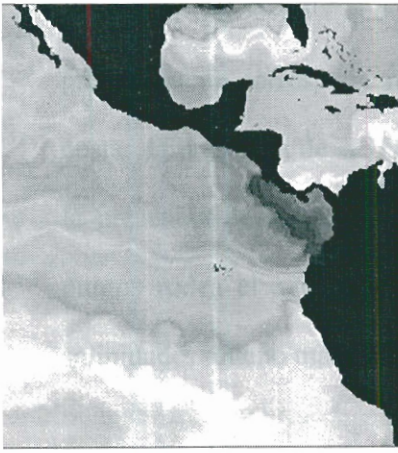
La climatología de salinidad muestra un gradiente halino vertical que se presenta más desarrollado en los primeros y últimos meses del año, en concordancia con la presencia, en superficie, de aguas cálidas y de bajas salinidades. El máximo halino de la columna de mayo y junio, con escaso gradiente vertical, se relaciona con la presencia de aguas que se empiezan a enfriar producto de la incursión de ASTS desde el sur, asociadas al incremento local del esfuerzo del viento, que se traduce en una mayor capa de mezcla. Contrario a lo esperado, en la climatología vertical de almacenamiento calórico (Fig. 75), el ingreso a la estación fría se aprecia a nivel de columna de agua como una acumulación de calor, puesto que las AESS son en parte reemplazadas por las ASTS, por lo tanto las aguas son relativamente más

cálidas en los niveles medios y bajos de la columna que las AESS que reemplazan.

Un aspecto importante de la oceanografía costera ha sido observado en el análisis de masas de agua, al establecer que los datos de temperatura y salinidad de *El Pelado* no se ajustan completamente al triángulo de mezcla obtenido en base a la caracterización tradicional de aguas tipo. Las masas de agua locales, frente a las costas ecuatorianas, reportadas por Okuda, *et al.*, 1983; Valencia, *et al.*, 1996 y Cucalón, 1986 se han basado en datos de procedencia oceánica (al oeste de 81° W), y únicamente habían incluido el componente costero sur en la identificación de las ASTS que llegan a la región ecuatoriana como una mezcla de ASTS propiamente dicha y aguas costeras peruanas de afloramiento, sin embargo, el efecto de la región costera norte no se ha incluido en la caracterización de masas de agua. Consecuentemente, la presencia en determinadas épocas de aguas extremadamente bajas en salinidad, generaba inquietudes respecto de los datos reportados, no obstante, la presencia de estas aguas fue verificada tanto en la Estación costera *Salinas* como en *El Pelado*. De esta forma, la franja costera norte presenta un comportamiento previamente no considerado en la salinidad de las aguas procedentes del área alrededor de la Bahía de Panamá, normalmente caracterizadas como ATS. Las recientes imágenes satelitales de salinidad (Fig. 76) ayudan a comprender este problema, puesto que muestran el comportamiento salino en la franja costera, con

salinidades sustancialmente más bajas afectando incluso las costas ecuatorianas, aun en períodos de ausencia de precipitaciones en este sector.

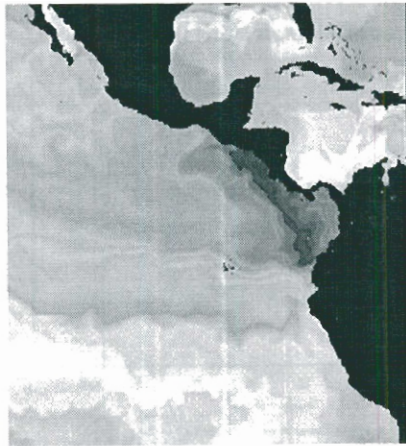
Figura 76. Imágenes de SSM de la región Pacífico oriental tropical de agosto a noviembre del 2003



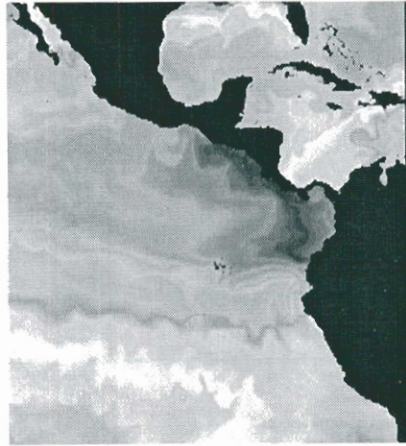
Agosto 1/2003



Septiembre 1/2003



Octubre 1/2003

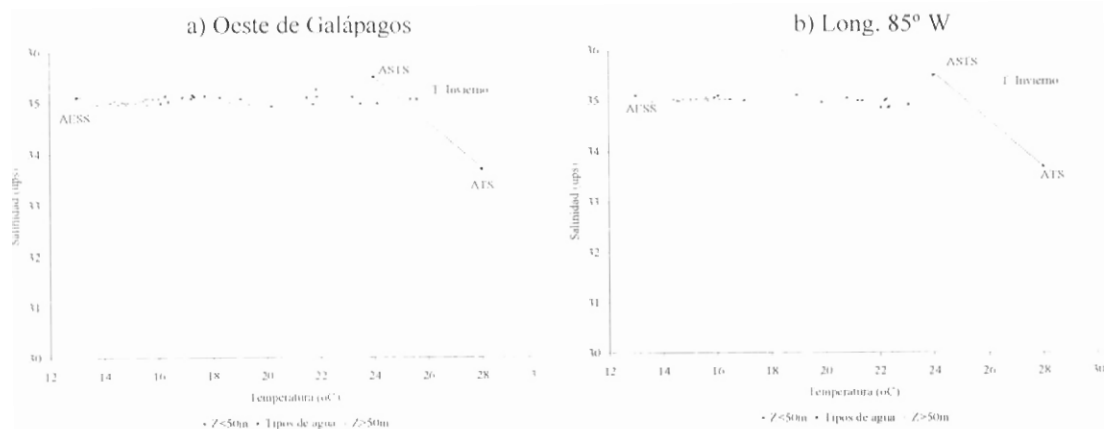


Noviembre 1/2003

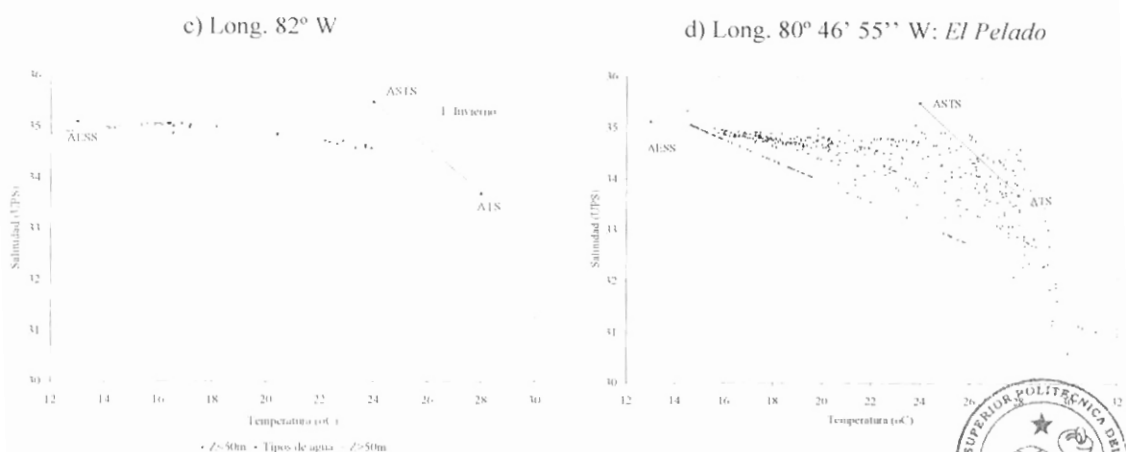


El efecto producido en la interpretación de masas de agua puede verse en la comparación resultante al graficar los datos de *El Pelado* (marzo multianual), conjuntamente con datos de cruce T88/03/01 (marzo de 1988) obtenidos en posiciones longitudinales cada vez más costeras a partir del oeste de Galápagos (Fig. 77). Se observa que en las cercanías de Galápagos las masas de agua predominante corresponden a ASTS y AESS, mientras que al acercarse a la costa, la presencia de ASTS se hace cada vez menos importante, cediendo ante la presencia de las ATS procedentes del norte, al final, la nube dispersa de puntos rodea el agua tipo correspondiente a ATS, observándose puntos con salinidades mucho más bajas que el agua tipo.

Figura. 77. Gráficos comparativos de TS a distintas longitudes, ordenados de oeste a este (costa), frente a la costa ecuatoriana



CIB-ESPOL



Los gráficos a, b y c han sido elaborados con datos del Crucero T8803I-INP-GALAPAGOS.

Elaboración: Mónica Riofrío



CIB-ESPOL

El predominio climatológico de ATS y AESS en la columna de agua, explican la menor influencia de aguas de la corriente peruana en este sector, esto se corrobora en el análisis mensual multianual de los datos TS al compararlos con los triángulos de mezcla correspondientes. Durante la estación de lluvias existe un predominio de ATS y AESS. En estos meses la influencia en superficie es de la corriente del Niño más el efecto hidro-meteorológico por las lluvias y la cercanía de la Estación al continente. Desde mayo hasta julio se observa una presencia significativa de ASTS relativamente fría (18.5 a 22.2 °C), principalmente en la parte baja de la columna de agua, marcando la transición hacia el desarrollo de la estación fría y coincidiendo con la intensificación de los vientos locales (Ayoub, 1985), que explican también una capa de mezcla más profunda. Por su temperatura, se deduce que las ASTS corresponden a la influencia local de la corriente costera peruana. En este caso, las ASTS que reemplazan temporalmente a las AESS, son relativamente más cálidas que sus

predecesoras. Posteriormente, desde agosto hasta finalizar el año climatológico, se regresa al predominio de ATS en la superficie y AESS en el fondo. Esto último determina una influencia más temprana de aguas de la bahía de Panamá en el sector costero norte del Ecuador. En diciembre existe una presencia mayoritaria de temperaturas semejantes a ATS pero de salinidades mucho menores, que indican la interacción con otra masa de agua. Esta masa de agua ha sido asociada en el presente trabajo al efecto costero previamente descrito y que aquí ha sido mencionada como Agua Tropical Costera (ATC).

La ganancia o pérdida de calor guarda estrecha relación con la presencia de distintas masas de agua, así por ejemplo, la acumulación de calor a principios de año está asociada al arribo acelerado de aguas tropicales, mientras que en la capa de fondo, el enfriamiento está asociado a la presencia de aguas ecuatoriales subsuperficiales, en ausencia de aguas subtropicales.

La influencia del evento El Niño en las masas de agua es variable en función de la estación climática, de la intensidad del evento y del nivel de precipitación. Por ejemplo, durante la estación seca de 1997 (fase previa a la etapa madura de El Niño extraordinario 1998), el predominio de aguas con anomalías positivas considerables de temperatura y salinidad superficiales en *El Pelado*, indicaron que las ASTS del oeste desplazaron la aguas climatológicamente correspondientes a la estación climática. Mientras que al entrar en la estación húmeda, las anomalías de salinidad fueron modificadas, por la presencia



estacional de ATS-ATC y precipitaciones elevadas, al registrarse máximas anomalías negativas. Mientras que, comparativamente, el efecto fue distinto en la estación húmeda de 1992 (El Niño moderado) cuando se registraron anomalías de temperatura y salinidad positivas, justificándose este hecho por el nivel menos significativo de precipitación de esa época.

En el caso particular del evento 1997-1998, al almacenamiento calórico de la columna de agua se expresa previo al evento en sí, como una acumulación de calor desde 1996 hasta mediados de 1997, luego del cual se presenta una pérdida estacional de calor que se recupera totalmente hasta finales de 1997 (etapa inicial de EL Niño). En 1998 (etapa final de El Niño) se observa una pérdida de calor de gran magnitud hasta mediados de año en que empieza a recuperarse más lentamente. Si comparamos el proceso de pérdida de calor de 1992 (etapa final El Niño) observamos que presenta una correspondencia con lo ocurrido en 1998, sin embargo el proceso de recuperación es algo distinto.

La identificación de las oscilaciones (periodicidades) de TSM en *El Pelado* coinciden con las reportadas por Santos (1984), Cedeño (1990), Silva (1992), Bayot (1993) y Chavarría (2001) en investigaciones realizadas en sitios cercanos al área de estudio (Tabla XIV).

Tabla XIV. Oscilaciones reportadas frente a la Península de Santa Elena utilizando series TSM

Periodicidades	Periodo de la serie y sitio de estudio	Fuente
10m, 6m, 4m, 3.1m, 2.5 m	1933-1975 (La Libertad)	Santos, 1984
6 m	1975-1987 (La Libertad)	Cedeño, 1990
10-11 m y 3.7 m	1975-1990	Silva, 1992
Ondas Kelvin 1.7- 1.8 m , 0.8 - 3.3 m y 1.1m Oscilaciones de marea: 14.5 d (Msf) y de 13.7 d (Mf)	(1985-1988) Salinas y Galápagos	Bayot, 1993
Oscilación de mareas quincenales 15 días	San Pedro (frente a CENAIM) Estación <i>El Pelado</i>	Chavarría, 2001
10 m, 5m, 4m, 0.9 m 0.7 m Ondas Kelvin asociadas a oscilaciones intraestacionales 2m, 1.4m, 1.2 m, 1.6 m Oscilación de mareas quincenales 15 d	(1992-2002) San Pedro (frente a CENAIM) Estación <i>El Pelado</i>	Presente trabajo

Leyenda : m: mes, d: día

Elaboración: Mónica Riofrío



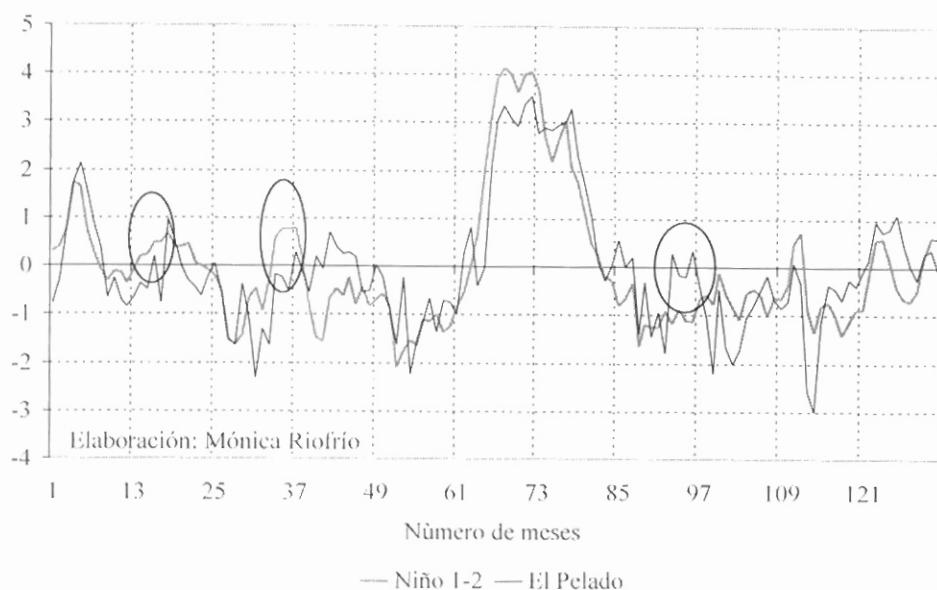
CIB-ESPOL

6.2. SOBRE LAS APLICACIONES PRÁCTICAS

a. Conocimiento previo de procesos que ocurren en áreas de mayor extensión como Área Niño 1+2:

En el estudio de la zona de influencia o de representación de los procesos térmicos que se presentan en la Estación *El Pelado*, se comparó las anomalías mensuales de TSM con las correspondientes a Área Niño 1+2.

Figura 78. Comparación gráfica entre las anomalías TSM Niño 1+2 y *El Pelado* (1992-2002)



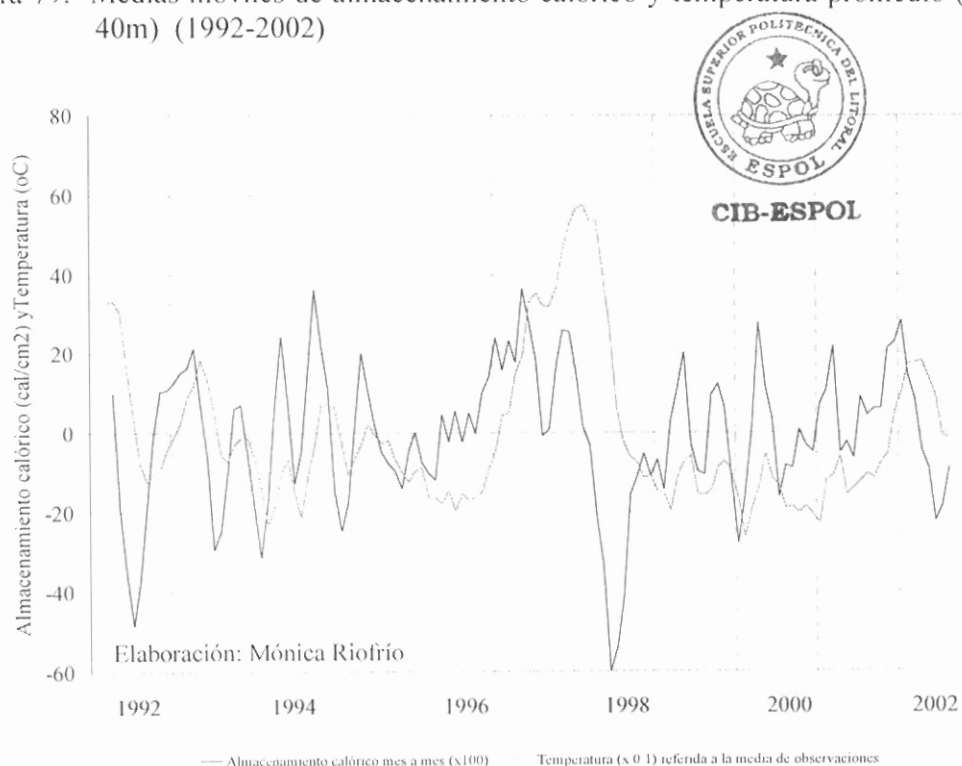
En la figura 78 se encontró una buena correlación gráfica entre las dos series comparadas. Sin embargo, observando en detalle se puede apreciar que no en pocas ocasiones, como las destacadas con círculos, existen diferencias que reflejan un comportamiento local. Por ejemplo en la transición entre 1994 y 1995, en el Pacífico Central se reportó la ocurrencia de un El Niño, que fue detectado regionalmente por pequeñas anomalías positivas en el Área Niño 1+2, sin embargo, en *El Pelado* la serie mostró un comportamiento fluctuando alrededor de lo normal. Consecuentemente, el contar con la información reportada en *El Pelado*, nos permite filtrar la señal que reporta un evento que no está ocurriendo localmente, no obstante, el disponer de información de las dos fuentes, supone una herramienta potente de prevención-detección de eventos anómalos originados en el Pacífico centro - occidental.

A su vez, con el conocimiento, en base a líneas de investigación aplicada, de los impactos de las anomalías positivas y negativas sobre las especies marinas y en cautiverio, el estudio de la variación TSM es un indicativo importante para inferir tendencias en la producción (*e.g.* producción camaronera, pesquería de pelágicos pequeños).

b. Análisis de la variación del almacenamiento calórico de la columna de agua y temperatura

En el gráfico 79 se observa la existencia de un período de desfase entre las curvas de almacenamiento calórico y temperatura de la columna de agua. El identificar este desfase, podría tener gran significancia para el pronóstico de futuros eventos en el área de estudio.

Figura 79. Medias móviles de almacenamiento calórico y temperatura promedio (0-40m) (1992-2002)



c. Aplicaciones en diferentes áreas por su relación con la presencia de eventos climáticos

La presencia de eventos climáticos, como El Niño y eventos cálidos locales no catalogados como tal, generan impactos en la costa ecuatoriana por su asociación a precipitaciones intensas y marejadas capaces de producir impactos negativos, entre otros, sobre la pesca artesanal e industrial, la acuicultura, la agricultura, y la salud e.g. evento climático cálido de la estación de lluvias de 2002.

El cambio brusco de las condiciones climáticas de un sistema dominado por anomalías cálidas a otro por anomalías frías puede producir impactos sobre algunas pesquerías, por la sensibilidad de estos sistemas.

El impacto en la agricultura, por la ocurrencia de anomalías frías (La Niña), puede ser notable por estar asociado a ausencia de lluvias y las consecuentes sequías.

El efecto del clima puede favorecer la aparición de enfermedades. En La Libertad, se sospechó de un caso de meningitis meningocócica (El Universo, 20-ene-2001) en condiciones de inicios de la estación de invierno.

Actualmente CENAIM ha desarrollado una aplicación en el área de Acuicultura y Clima (ACUICLIMA) utilizando parámetros ambientales, aplicables incluso a pesca y Gestión de Riesgos por Amenazas Naturales.

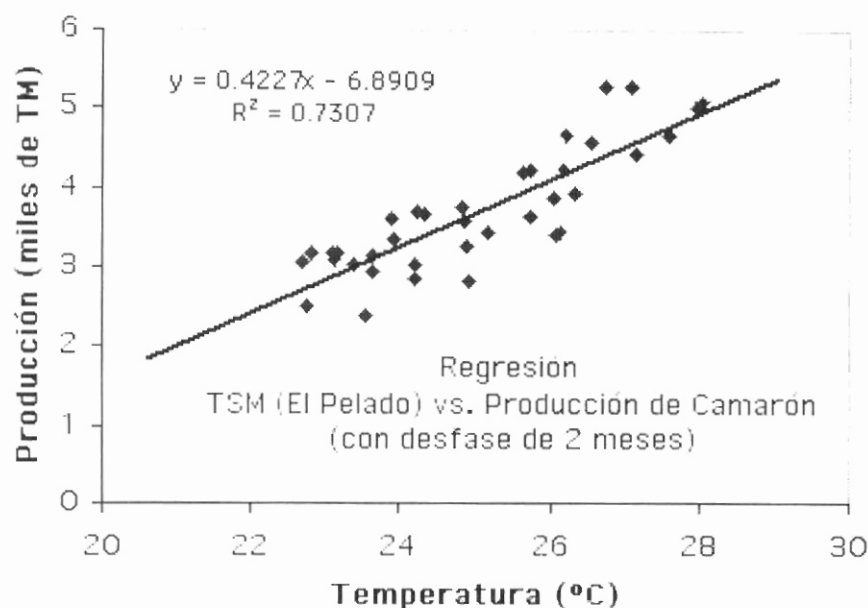
Acuicultura y Pesca:



En ACUICLIMA (<http://www.cenaim.espol.edu.ec>) se presenta información climática de *El Pelado* aplicada a acuicultura. ACUICLIMA se apoya principalmente en dos elementos: 1) la correlación significativa existente entre la TSM en *El Pelado* y la producción camaronera a nivel nacional (Fig. 80) y 2) las relaciones entre la ocurrencia histórica de eventos climáticos y la ubicación de la isoterma de 20° C en la columna de agua, traducidos en una alerta climática sensible incluso a eventos de la variabilidad climática no catalogados como El Niño (Fig. 81). El seguimiento de este tipo de eventos es importante por la sensibilidad del camarón de cultivo a la temperatura (Sonnenholtzner, 2001, Bayot, 2001, Cornejo, *et al*, 1997, Silva G., y Santos J., s.f, en Chavarría 2001).

Por otro lado, el seguimiento de la alerta puede ser utilizado en aplicaciones de pesquería de pelágicos pequeños. Esta pesca se ve influenciada por la profundidad de la termoclina (Cucalón y Maridueña, 1988).

Figura 80. Gráfico de la relación lineal entre Producción de camarón y TSM



Fuente: Chavarria, 2003. Boletín CENAIM INFORMA No. 81

Figura 81. Gráfico de la profundidad de la isoterma de 20° C aplicado a la detección de eventos climáticos



Fuente: <http://www.cenaim.espol.edu.ec>



Gestión de Riesgos por amenazas naturales (eventos hidrometeorológicos):

La Alerta Climática de ACUICLIMA además de sus aplicaciones en acuicultura y pesca es una herramienta útil para el seguimiento de eventos climáticos capaces de transformarse en amenazas en áreas vulnerables. La Alerta Climática respondió al evento ocurrido a inicios del 2002 que se tradujo en impactos en todas las provincias costeras a excepción de Esmeraldas, como fue ampliamente reportado por la prensa local.



CIB-ESPOL

CAPÍTULO VII

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES



CIB-ESPOL

7.1. CONCLUSIONES

1. La climatología de temperatura (promedios multianuales) de *El Pelado*, basada en el período 1992-2002 se encontró sesgada hacia valores cálidos en respuesta a las grandes anomalías positivas de 1992 y 1997-1998. Esto repercutió en la estimación de la estructura climatológica vertical, reportándose una columna de agua más cálida (más profunda) que *lo normal*.
2. La climatología termohalina vertical presentó, durante los meses de la estación húmeda, una termoclina cercana a la superficie con un significativo gradiente vertical halino (haloclina) asociado a la presencia, superficial, de aguas de temperaturas altas y de baja salinidad ($T > 26^{\circ} \text{C}$ y $S < 33.5$ ups), mientras que en los meses de la estación seca, se encontró una termoclina menos superficial, y una columna de agua de poco gradiente, acompañada

en superficie de aguas de menor temperatura ($< 25^{\circ} \text{C}$) y salinidades entre 33.5 y 34.5 ups. La salinidad en el fondo se mantuvo, durante el año, superior a 34.5 ups.

3. La climatología termohalina vertical señaló, a su vez, la presencia principal de dos masas de agua (AESS y ATS) durante el año, más otra con salinidades inferiores a la establecida por el triángulo de mezcla que corresponden a diluciones costeras de las ATS y que aquí se han denominado Aguas Tropicales Costeras (ATC). Durante la estación húmeda, existió un mayor predominio de ATS en la capa superficial y AESS en la capa bajo la termoclina, pero desde mayo hasta julio se encontró un incremento en la presencia de ASTS retornando al predominio de ATS y AESS después de ese período.
4. El paso de la estación de lluvias a la estación seca (transición estacional), se realiza desde mayo hasta julio por la presencia significativa, en la parte baja de la columna de agua, de ASTS relativamente fría (18.5 a 22.2°C), que por su temperatura se deduce que corresponden a la influencia local de la corriente costera peruana.
5. La región costera ecuatoriana, al norte de la Península de Santa Elena, recibe mayor influencia de las condiciones oceanográficas/masas de agua de la Bahía de Panamá que de las aguas asociadas a la Corriente del Perú y esto

se evidencia por las bajas salinidades, en todo el año, encontradas en la Estación *El Pelado*

6. Las anomalías de TSM estuvieron casi siempre asociadas a las anomalías de la profundización de la isoterma de 20° C (Iso20) de una manera inversa, así las anomalías positivas de TSM estuvieron acompañadas de profundizaciones de la Iso20 y las anomalías negativas de TSM a elevaciones de la Iso20. Particularmente esta situación se evidenció en años tipo ENOS.
7. Las periodicidades de TSM halladas en *El Pelado*, fueron equivalentes a las reportadas por otros autores en sitios cercanos al área de estudio, y concuerdan con las halladas en la serie SSM excepto por la oscilación de 43 semanas que no se evidenció en esta última serie.
8. Entre las principales oscilaciones halladas en la serie Iso20, la oscilación quincenal fue una de las principales por su aporte energético. Su importancia radica en que su naturaleza de tipo astronómico (Msf, Mf) es detectada con mayor fuerza en la variación vertical de la termoclina que en las series de TSM o SSM, en las cuales presentó un aporte energético de menor significancia.



9. En el estudio de la variación temporal del almacenamiento de calor de la columna de agua, se encontró que una ganancia de calor recurrente e importante se presenta previo al inicio del evento de 1997-1998, con año y medio de anticipación, mientras que las mayores pérdidas de calor se experimentaron durante el evento pero en la etapa final. Este último mecanismo se manifestó en 1998 y 1992, luego de lo cual se presentó también un proceso de recuperación de calor distinto en cada año.
10. El balance calórico de la columna de agua por manifestaciones ENOS, se establece a nivel interanual, debido al distinto comportamiento de los eventos cálidos con respecto a los eventos fríos, siendo los unos de mayores magnitudes y duraciones pero menos recurrentes, mientras que los otros son de menores magnitudes, de menor duración pero más recurrentes.
11. La variabilidad temporal de las condiciones térmicas superficiales en el sector de la Estación *El Pelado* expresó la variabilidad observada en la región conocida como Área Niño 1+2, y además, registró la variabilidad costera local asociada principalmente a la dinámica del área norte de la Puntilla de Santa Elena.
12. Los parámetros de temperatura y almacenamiento calórico de la columna de agua se encontraron gráficamente correlacionados, con un desfase temporal.



7.2. RECOMENDACIONES

1. Continuar el monitoreo ambiental en la Estación con el propósito de incrementar el conocimiento de los mecanismos oceanográficos que suceden en aguas ecuatoriales costeras.
2. Continuar en el desarrollo de otras aplicaciones, basado en herramientas de orden climático, como por ejemplo alertas, dirigido a otros sectores de impacto como agricultura, salud, gestión de riesgos.
3. Estudiar sistemáticamente el origen de las ATC, considerando la base de datos de *El Pelado* y otras complementarias, con la finalidad de caracterizarlas. Este tema puede servir para desarrollar una Tesis de Grado.
4. Estimar el almacenamiento calórico como una herramienta de predicción de eventos que se desarrollan con anterioridad en aguas oceánicas, para aplicarlo, en la prevención de desastres como un predictor de precipitaciones.
5. Explorar la posibilidad de aplicar la teoría de almacenamiento calórico en el manejo de invernaderos de producción acuícola.



6. La FIMCM debería apoyar la realización de Tesis de Grado con orientación aplicada a acuicultura, por estudiantes de Oceanografía, en las instalaciones de CENAIM.



CIB-ESPOL

ANEXO 1

PROMEDIOS MENSUALES DE TEMPERATURA Y SALINIDAD (1992-2002)

Año 1992

Estructura Térmica Vertical (°C)												
Prof.	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
0	25.9	27.2	28.5	28.9	28.8	26.7	25.1	24.0	23.0	24.0	23.7	24.4
5	25.1	26.7	27.9	28.5	28.3	26.6	25.1	24.0	23.0	24.0	23.6	24.4
10	24.4	25.9	26.1	27.4	27.8	26.3	24.3	23.8	23.0	23.6	23.3	23.7
15	23.8	24.9	25.5	26.5	26.1	25.6	23.2	23.5	22.8	22.3	22.4	23.0
20	23.0	24.1	25.1	26.1	24.1	24.9	21.4	22.1	20.6	21.2	22.2	21.3
25	22.6	23.6	23.9	25.2	23.0	24.7	20.8	18.9	19.3	19.9	22.0	19.9
30	22.4	23.1	23.3	24.8	22.0	23.2	20.4	17.9	18.8	17.5	20.5	18.9
35	21.9	22.9	23.1	24.4	21.6	20.8	19.7	17.2	18.1	16.7	18.7	17.8
40	21.4	22.8	22.8	23.9	21.1	19.8	18.1	17.0	17.6	16.5	16.6	17.3

Estructura Vertical de Salinidad (UPS)												
Prof.	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
0	34.27	34.35	33.94	33.51	34.39	34.52	34.29	33.89	33.78	33.67	33.60	33.58
5	34.31	34.38	34.26	33.93	34.41	34.53	34.30	33.91	33.79	33.71	33.61	33.59
10	34.34	34.42	34.45	34.35	34.44	34.53	34.33	33.91	33.79	33.72	33.61	33.61
15	34.35	34.49	34.54	34.51	34.58	34.55	34.49	34.04	33.82	33.82	33.61	33.72
20	34.46	34.57	34.57	34.56	34.70	34.59	34.62	34.46	34.35	33.94	33.61	34.02
25	34.53	34.60	34.72	34.68	34.77	34.63	34.68	34.76	34.42	34.21	33.63	34.17
30	34.55	34.66	34.77	34.70	34.81	34.79	34.70	34.81	34.50	34.51	33.94	34.33
35	34.59	34.68	34.78	34.73	34.84	34.85	34.76	34.90	34.59	34.85	34.36	34.71
40	34.66	34.69	34.80	34.75	34.85	34.91	34.92	34.91	34.67	34.88	34.69	34.76

Año 1993

Estructura Térmica Vertical (°C)												
Prof.	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
0	26.0	27.1	27.2	27.3	25.9	26.1	24.8	23.6	23.4	23.9	23.7	25.1
5	25.8	26.5	25.5	26.9	25.2	25.9	24.4	23.5	23.3	23.8	23.7	24.9
10	24.9	24.9	22.7	25.4	24.0	25.7	23.8	22.9	23.0	23.8	23.7	24.3
15	23.6	23.9	22.2	24.0	23.2	25.1	23.2	22.4	22.4	23.6	23.7	23.3
20	21.9	21.0	21.7	23.5	23.0	24.4	22.5	21.1	21.8	22.8	23.6	23.0
25	20.2	20.6	21.3	23.3	22.5	24.0	22.0	20.3	20.3	22.2	21.9	21.5
30	19.1	19.5	20.3	23.0	22.3	23.0	21.8	19.5	19.1	21.7	20.7	17.8
35	18.7	19.1	20.2	21.9	22.0	22.2	20.4	18.1	17.8	18.5	19.6	16.7
40	18.3	18.7	19.2	20.4	21.7	21.4	19.2	17.4	17.1	17.2	19.0	16.6

Estructura Vertical de Salinidad (UPS)												
Prof.	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
0	33.06	33.17	34.10	34.57	34.75	34.41	33.86	33.81	33.96	33.61	33.35	33.14
5	33.06	33.43	34.27	34.58	34.77	34.44	33.94	33.83	33.96	33.61	33.35	33.14
10	33.16	33.73	34.48	34.63	34.78	34.50	34.09	33.95	33.99	33.61	33.35	33.22
15	33.45	33.87	34.51	34.65	34.82	34.51	34.22	34.04	34.06	33.62	33.35	33.46
20	33.81	34.30	34.56	34.69	34.84	34.63	34.40	34.37	34.13	33.70	33.43	33.52
25	34.15	34.35	34.59	34.73	34.86	34.67	34.47	34.56	34.27	33.86	33.88	33.79
30	34.36	34.48	34.66	34.75	34.86	34.76	34.50	34.69	34.59	33.99	34.27	34.71
35	34.46	34.57	34.71	34.77	34.87	34.83	34.69	34.82	34.75	34.55	34.50	34.77
40	34.53	34.61	34.81	34.84	34.88	34.91	34.94	34.89	34.84	34.72	34.57	34.78



Año 1994

Estructura Térmica Vertical (°C)												
Prof-	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
0	26.7	26.9	26.2	25.5	26.3	24.0	21.9	22.4	22.0	24.1	24.1	24.8
5	26.5	26.4	24.7	22.8	26.0	24.1	21.5	22.3	21.9	24.0	24.0	24.6
10	25.6	24.4	19.7	19.2	24.9	23.9	20.8	21.4	21.6	23.9	23.9	24.2
15	23.2	20.7	18.1	18.4	23.8	23.0	20.2	20.6	21.1	23.9	23.1	23.7
20	22.6	18.7	17.8	17.8	21.7	22.1	20.1	19.9	20.1	23.9	21.5	23.0
25	19.5	18.0	17.0	17.3	20.6	21.5	19.9	18.2	19.3	23.7	21.0	22.2
30	18.6	17.3	16.8	17.1	19.4	19.7	19.4	17.6	19.0	23.2	20.4	21.8
35	17.6	17.2	16.4	16.6	18.4	19.2	18.9	17.3	17.0	21.8	19.9	21.5
40	17.3	16.7	16.3	16.6	17.7	18.2	18.6	17.3	16.1	20.9	19.2	21.0

Estructura Vertical de Salinidad (UPS)												
Prof.	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
0	33.15	33.15	33.97	34.54	34.14	33.93	34.47	34.08	34.08	33.35	33.52	33.66
5	33.15	33.31	34.23	34.59	34.15	33.94	34.51	34.08	34.08	33.54	33.55	33.66
10	33.27	33.65	34.58	34.74	34.23	33.95	34.57	34.15	34.08	33.56	33.57	33.70
15	33.66	34.29	34.76	34.78	34.32	34.02	34.60	34.30	34.08	33.58	33.67	33.75
20	33.77	34.50	34.77	34.79	34.55	34.19	34.60	34.49	34.21	33.60	34.19	33.80
25	34.30	34.62	34.83	34.83	34.60	34.29	34.64	34.74	34.44	33.60	34.19	33.81
30	34.44	34.69	34.83	34.83	34.68	34.50	34.68	34.82	34.52	33.60	34.23	33.88
35	34.60	34.72	34.85	34.85	34.77	34.60	34.73	34.83	34.74	33.62	34.31	33.95
40	34.67	34.79	34.85	34.85	34.79	34.71	34.76	34.83	34.84	33.93	34.38	34.01

Año 1995

Estructura Térmica Vertical (°C)												
Prof.	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
0	26.9	27.4	27.2	27.3	26.6	25.8	24.6	23.9	24.0	24.5	23.8	24.8
5	26.4	26.6	25.1	25.2	26.3	25.7	24.6	23.8	23.9	24.3	23.7	24.6
10	25.3	24.9	20.2	23.2	26.1	25.6	24.5	23.8	23.8	24.1	23.6	23.9
15	23.7	21.2	19.1	21.4	25.7	23.8	24.4	23.6	21.6	24.0	21.3	21.8
20	22.8	20.0	18.7	19.0	24.2	21.6	23.4	23.4	21.0	23.5	20.4	19.7
25	22.0	19.3	18.3	18.2	22.4	19.2	21.6	22.1	20.1	22.9	19.6	17.7
30	21.1	19.2	18.0	17.9	20.0	17.9	20.6	20.7	18.0	21.8	18.7	16.3
35	20.4	18.9	17.9	17.6	17.9	16.8	18.9	19.4	17.6	19.8	18.0	14.7
40	20.1	18.6	17.8	17.3	17.4	16.3	17.8	18.4	17.4	17.3	17.6	14.5

Estructura Vertical de Salinidad (UPS)												
Prof.	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
0	33.75	34.13	34.55	34.55	33.88	33.52	33.58	33.83	33.66	33.44	33.36	32.89
5	33.89	34.24	34.68	34.68	33.95	33.57	33.61	33.86	33.84	33.47	33.38	33.15
10	34.06	34.67	34.69	34.69	33.97	33.59	33.62	33.87	33.87	33.48	33.40	33.17
15	34.55	34.73	34.71	34.71	34.01	33.89	33.64	33.89	34.20	33.64	33.88	33.19
20	34.60	34.74	34.74	34.74	34.24	34.27	33.83	33.92	34.28	34.00	33.91	33.43
25	34.71	34.77	34.78	34.78	34.47	34.50	34.12	34.13	34.43	33.98	34.16	34.11
30	34.73	34.77	34.78	34.78	34.66	34.67	34.29	34.29	34.70	34.39	34.29	34.36
35	34.74	34.77	34.81	34.81	34.85	34.82	34.49	34.55	34.76	34.73	34.40	34.86
40	34.76	34.78	34.81	34.81	34.86	34.88	34.74	34.69	34.76	34.77	34.49	34.89



Año 1996

Estructura Térmica Vertical (°C)												
Prof.	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
0	26.7	27.2	26.8	25.5	26.4	22.9	22.7	22.5	23.0	22.9	23.7	24.6
5	26.4	26.7	24.0	23.0	26.1	22.7	22.6	22.4	22.9	22.5	23.2	24.0
10	26.0	26.2	21.9	21.8	25.9	22.2	22.2	22.1	22.9	21.8	23.0	23.9
15	24.0	22.2	20.0	19.4	22.7	20.7	20.9	21.1	22.8	20.5	22.6	22.9
20	23.2	21.2	18.8	18.2	21.0	18.5	20.6	21.0	22.3	19.5	20.2	21.9
25	20.5	19.2	17.9	17.3	19.7	18.2	20.2	19.2	20.9	18.8	18.7	20.5
30	17.8	18.1	17.5	16.8	18.5	17.5	19.3	18.0	19.8	18.2	17.9	19.1
35	16.0	16.8	17.0	16.4	17.2	17.0	18.3	17.2	17.8	17.7	17.1	18.3
40	15.4	16.1	16.8	16.3	17.0	16.9	17.0	16.8	16.4	16.9	16.1	17.2

Estructura Vertical de Salinidad (UPS)												
Prof.	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
0	31.79	32.59	33.72	34.46	33.75	34.09	33.60	33.59	33.56	33.84	33.57	33.15
5	31.84	32.69	34.12	34.53	33.94	34.24	33.69	33.70	33.58	33.88	33.59	33.18
10	31.99	32.75	34.24	34.59	34.14	34.36	33.84	33.78	33.58	33.95	33.63	33.21
15	32.54	33.51	34.57	34.85	34.37	34.60	34.12	33.88	33.61	34.21	33.74	33.33
20	32.70	34.05	34.69	34.91	34.72	34.83	34.21	34.02	33.63	34.48	34.05	33.69
25	33.65	34.25	34.78	34.98	34.86	34.98	34.32	34.42	34.08	34.60	34.61	33.90
30	34.36	34.45	34.81	35.00	34.96	35.08	34.47	34.60	34.38	34.67	34.59	34.32
35	34.67	34.67	34.86	35.01	35.03	35.09	34.69	34.78	34.74	34.76	34.75	34.48
40	34.92	34.48	34.86	35.03	35.05	35.11	35.07	34.86	34.90	34.89	34.80	34.62

Año 1997

Estructura Térmica Vertical (°C)												
Prof.	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
0	25.6	27.7	28.3	26.7	26.6	27.2	27.3	27.0	26.8	27.2	27.7	28.9
5	25.2	27.4	27.6	23.1	25.7	26.6	27.0	26.7	26.4	26.8	27.4	28.3
10	24.3	24.9	26.3	21.8	25.0	25.9	26.9	26.4	25.7	26.5	27.0	28.1
15	23.4	21.2	25.4	21.1	24.5	25.6	26.8	26.2	25.0	26.3	26.8	27.6
20	22.4	20.0	24.5	21.0	24.1	25.5	26.2	25.6	23.9	26.2	26.4	27.3
25	20.4	19.2	23.6	20.8	23.9	25.2	25.5	24.6	23.8	25.9	26.4	26.8
30	18.9	18.9	21.2	20.6	23.7	24.8	24.8	24.2	23.5	25.0	26.1	26.6
35	17.6	18.1	20.3	20.6	23.6	24.4	24.5	23.5	23.3	24.4	25.8	26.3
40	17.0	17.0	19.4	20.5	23.5	24.3	23.9	23.3	22.5	23.3	25.6	26.2

Estructura Vertical de Salinidad (UPS)												
Prof.	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
0	32.63	32.12	32.61	33.61	34.61	34.61	34.64	34.63	34.46	33.54	32.64	32.04
5	32.71	32.13	33.10	34.67	34.67	34.75	34.65	34.65	34.48	33.75	32.72	32.09
10	32.89	32.60	33.76	34.87	34.78	34.77	34.65	34.66	34.50	33.77	32.85	32.24
15	33.21	32.87	33.89	34.93	34.83	34.79	34.65	34.66	34.62	33.81	33.10	32.67
20	33.61	33.29	34.07	34.95	34.89	34.85	34.69	34.70	34.74	33.89	33.28	33.22
25	33.91	33.78	34.32	34.99	34.91	34.89	34.91	34.82	34.85	34.02	33.44	33.61
30	34.22	34.43	34.53	35.01	34.94	34.89	34.91	34.91	34.87	34.44	33.59	33.87
35	34.66	34.68	34.73	35.01	34.94	34.99	34.99	35.07	35.01	34.57	33.74	34.07
40	34.71	35.03	34.80	35.01	34.95	35.00	35.01	35.07	35.04	34.93	33.93	34.22



CIB-ESPOL

Año 1998

Estructura Térmica Vertical (°C)												
Prof.	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
0	29.4	30.4	30.5	30.1	29.7	28.4	26.5	25.4	24.7	24.4	24.1	25.3
5	28.7	29.2	29.4	29.0	29.1	28.1	26.5	25.1	24.5	23.8	23.9	24.6
10	28.6	29.0	28.9	28.1	28.8	28.1	26.1	25.1	24.4	23.6	23.8	24.3
15	28.3	28.2	28.3	27.5	28.4	25.8	23.9	23.4	23.1	22.9	23.6	22.5
20	28.0	27.7	27.4	26.6	28.2	23.3	22.5	21.6	20.9	22.4	23.3	20.8
25	27.6	27.3	27.0	25.9	27.5	21.5	20.9	19.1	19.9	21.0	21.9	17.8
30	27.0	26.7	26.5	24.8	27.1	20.2	19.9	18.9	19.3	18.9	19.4	15.1
35	26.5	26.1	26.0	24.2	26.3	19.3	18.2	18.4	17.7	17.6	16.0	14.7
40	26.1	25.4	25.3	23.3	25.4	18.9	18.0	17.0	16.6	17.3	15.2	14.6

Estructura Vertical de Salinidad (UPS)												
Prof.	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
0	30.73	30.75	30.97	31.80	32.90	33.13	33.28	33.13	32.94	33.49	33.13	32.42
5	31.17	31.85	31.47	32.35	32.98	33.21	33.29	33.25	33.16	33.52	33.16	32.50
10	31.66	32.33	32.17	33.37	33.19	33.36	33.32	33.46	33.19	33.53	33.22	32.55
15	32.27	33.01	32.85	34.26	33.46	33.64	33.51	33.73	33.19	33.59	33.38	32.92
20	32.63	33.35	33.90	34.48	33.57	33.92	34.10	34.15	33.57	33.94	33.85	33.35
25	33.25	33.85	34.11	34.63	33.78	34.52	34.78	34.47	33.97	34.46	34.29	34.19
30	33.46	34.24	34.40	34.68	33.83	34.84	35.01	35.14	34.36	34.87	34.70	34.72
35	34.41	34.42	34.67	34.85	33.92	34.98	35.05	35.18	34.72	34.96	35.04	34.93
40	34.58	34.75	34.83	35.02	34.04	35.03	35.08	35.19	35.19	34.97	35.12	35.02

Año 1999

Estructura Térmica Vertical (°C)												
Prof.	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
0	27.2	27.5	27.9	25.7	26.4	23.7	23.3	21.9	24.0	24.1	24.2	25.6
5	26.3	25.2	25.6	24.1	25.9	23.6	23.3	21.5	23.7	24.1	23.9	25.4
10	26.2	23.1	21.2	21.5	25.0	23.6	22.4	21.0	23.3	24.1	23.8	25.2
15	25.7	21.1	20.2	20.3	23.8	22.9	21.6	20.5	22.0	23.5	23.7	24.8
20	24.3	20.4	18.4	19.8	22.4	22.3	20.7	19.9	21.6	21.9	23.4	24.0
25	18.2	17.7	16.7	18.5	21.2	19.7	19.8	19.6	20.7	20.6	21.8	21.8
30	16.0	16.3	16.5	17.7	20.7	18.4	19.1	18.3	19.2	17.6	19.9	17.5
35	15.2	14.8	16.3	17.1	19.4	17.8	17.9	17.7	17.7	16.9	16.5	14.5
40	14.8	14.5	15.9	16.8	18.7	17.4	17.4	16.6	16.5	15.8	15.8	14.3

Estructura Vertical de Salinidad (UPS)												
Prof.	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
0	32.92	32.72	33.14	34.63	34.07	33.56	32.98	33.91	32.85	32.70	32.78	32.28
5	33.09	33.12	33.50	34.75	34.11	33.59	33.29	33.91	33.14	32.71	32.80	32.42
10	33.12	33.42	34.23	35.01	34.12	33.63	33.53	34.16	33.08	32.75	32.81	32.45
15	33.24	33.90	34.37	35.06	34.55	33.83	33.76	34.22	33.66	32.82	32.81	32.63
20	33.32	33.97	34.60	35.10	34.55	33.97	34.19	34.34	33.78	33.28	32.88	32.84
25	34.72	34.59	34.89	35.19	34.87	34.66	34.45	34.40	33.95	33.77	33.10	33.40
30	34.81	34.73	34.91	35.21	34.88	34.81	34.55	34.60	34.26	34.42	33.40	34.17
35	35.08	35.03	34.93	35.24	35.00	34.87	34.85	34.82	34.73	34.67	34.82	34.74
40	35.18	35.10	35.01	35.25	35.03	34.89	34.89	34.95	34.94	34.85	34.88	34.89

Año 2000

Estructura Térmica Vertical (°C)												
Prof.	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
0	26.2	26.4	25.5	26.7	25.0	23.1	22.5	22.6	22.9	23.8	24.2	24.6
5	25.3	24.9	22.6	24.9	23.5	22.9	22.0	22.3	22.8	23.7	23.2	24.5
10	24.8	22.8	19.6	23.5	21.9	22.3	21.4	21.9	22.3	22.4	22.3	23.1
15	23.3	19.2	18.9	21.6	20.7	21.7	21.1	21.4	21.6	21.0	22.0	20.6
20	19.2	17.3	16.9	21.3	20.1	21.1	20.9	20.7	19.0	20.0	21.0	19.8
25	16.9	16.8	16.5	21.1	19.8	20.9	20.5	19.9	17.5	19.6	18.8	18.3
30	15.9	16.5	15.9	20.8	19.6	20.1	18.9	19.4	16.6	19.2	17.1	17.6
35	15.1	16.2	15.6	20.5	19.5	19.8	18.1	18.6	16.4	18.2	15.8	15.7
40	14.4	15.1	15.4	19.5	19.3	18.8	17.7	17.6	16.1	16.7	15.4	15.6

Estructura Vertical de Salinidad (UPS)												
Prof.	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
0	32.71	32.67	32.85	32.61	33.64	33.87	33.94	33.93	33.90	33.78	33.74	33.69
5	32.90	32.98	33.43	32.97	33.82	33.90	34.01	33.96	33.91	33.80	33.86	33.70
10	33.00	33.40	34.05	33.26	34.02	33.97	34.08	34.02	33.96	33.96	33.97	33.87
15	33.30	34.12	34.19	33.65	34.16	34.04	34.12	34.08	34.05	34.12	34.00	34.17
20	34.11	34.50	34.58	33.69	34.23	34.11	34.14	34.16	34.37	34.24	34.12	34.27
25	34.60	34.61	34.67	33.74	34.27	34.14	34.18	34.26	34.55	34.29	34.38	34.45
30	34.79	34.66	34.80	33.79	34.29	34.23	34.37	34.31	34.65	34.34	34.59	34.53
35	34.94	34.73	34.85	33.86	34.30	34.26	34.47	34.41	34.68	34.45	34.74	34.76
40	35.10	34.95	34.88	34.06	34.33	34.38	34.52	34.53	34.71	34.64	34.79	34.77

Año 2001

Estructura Térmica Vertical (°C)												
Prof.	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
0	25.8	26.8	27.8	26.8	24.1	22.1	23.1	23.3	23.2	23.6	24.1	24.9
5	25.0	23.9	27.3	23.3	22.5	21.9	23.1	23.3	23.1	23.6	23.9	24.7
10	22.7	22.8	25.5	20.4	21.8	21.2	23.0	23.2	23.1	23.5	23.8	24.5
15	21.1	19.3	24.3	19.2	21.1	20.9	22.1	23.2	22.2	23.1	23.7	23.5
20	19.0	17.2	23.9	19.0	20.5	20.4	20.9	22.6	21.8	21.3	23.4	21.1
25	17.8	16.4	22.7	18.6	19.9	20.1	19.1	20.7	20.2	17.7	22.4	20.3
30	17.0	16.0	21.4	18.3	19.5	19.4	18.4	19.6	20.0	16.8	21.6	19.8
35	15.7	15.8	19.0	18.2	19.3	18.6	18.1	18.9	17.5	16.4	20.6	18.4
40	14.5	15.6	17.8	17.4	19.0	18.0	17.6	17.6	17.1	16.2	19.7	16.9

Estructura Vertical de Salinidad (UPS)												
Prof.	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
0	32.80	32.59	33.52	32.59	33.75	33.99	33.87	33.85	33.86	33.81	33.72	34.23
5	32.95	33.17	33.61	33.29	33.94	34.01	33.87	33.85	33.87	33.81	33.77	34.25
10	33.41	33.40	33.61	33.88	34.03	34.09	33.89	33.85	33.87	33.82	33.77	34.28
15	33.73	34.10	33.86	34.12	34.11	34.13	33.99	33.86	33.98	33.87	33.79	34.41
20	34.17	34.52	33.90	34.17	34.18	34.19	34.14	33.93	34.03	34.09	33.84	34.70
25	34.41	34.69	34.17	34.24	34.25	34.23	34.35	34.16	34.21	34.52	33.94	34.80
30	34.57	34.76	34.27	34.30	34.31	34.31	34.44	34.29	34.24	34.63	34.05	34.86
35	34.83	34.80	34.37	34.33	34.32	34.41	34.47	34.37	34.55	34.68	34.16	35.04
40	35.06	34.85	34.47	34.48	34.36	34.48	34.53	34.53	34.59	34.70	34.40	35.24



Año 2002

Estructura Térmica Vertical (°C)

Prof.	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
0	26.5	27.6	28.7	27.9	27.5	26.2	24.7	23.7	23.4	24.6	24.7	25.2
5	26.2	27.5	26.5	26.7	27.0	25.9	24.6	23.5	23.3	24.6	24.7	24.8
10	26.0	27.4	25.5	24.7	26.1	25.7	24.6	23.2	23.2	24.6	24.7	24.7
15	25.3	26.0	24.6	24.3	25.8	25.2	24.5	22.8	23.0	24.5	24.0	24.1
20	24.6	25.3	23.6	23.2	25.0	22.9	22.6	21.6	22.9	23.8	23.5	23.7
25	22.9	23.5	22.0	22.7	24.1	21.0	21.0	20.6	22.8	22.7	23.3	23.6
30	20.8	21.0	21.5	21.5	21.6	19.4	20.8	18.9	22.4	22.2	22.8	23.2
35	19.4	19.3	20.8	20.5	20.7	18.3	18.9	18.3	20.1	21.8	22.2	22.6
40	18.9	18.7	20.4	20.1	20.2	17.5	17.7	17.8	19.5	21.0	21.8	22.1

Estructura Vertical de Salinidad (UPS)

Prof.	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
0	34.02	32.98	32.99	34.23	34.53	34.45	34.08	34.12	34.02	33.96	34.02	34.13
5	34.06	33.07	33.32	34.35	34.57	34.50	34.09	34.16	34.03	33.96	34.03	34.14
10	34.08	33.17	33.61	34.54	34.60	34.50	34.09	34.22	34.05	33.96	34.05	34.14
15	34.18	33.47	33.82	34.58	34.63	34.53	34.12	34.30	34.08	33.96	34.14	34.16
20	34.27	33.65	34.06	34.68	34.66	34.75	34.27	34.45	34.09	34.06	34.24	34.25
25	34.48	34.10	34.46	34.73	34.72	34.81	34.45	34.57	34.09	34.22	34.29	34.27
30	34.77	34.67	34.57	34.84	34.80	34.88	34.48	34.75	34.26	34.29	34.30	34.35
35	34.91	34.93	34.74	34.94	34.83	34.91	34.75	34.84	34.58	34.35	34.36	34.42
40	34.98	35.00	34.79	34.98	34.85	34.94	34.93	34.91	34.66	34.45	34.42	34.50

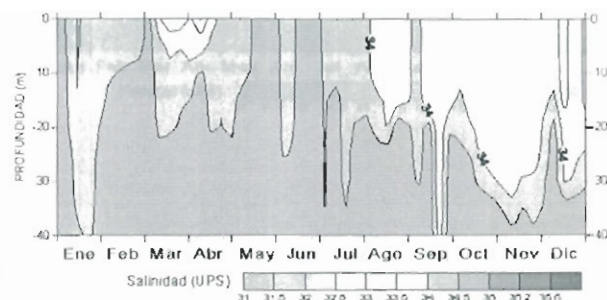
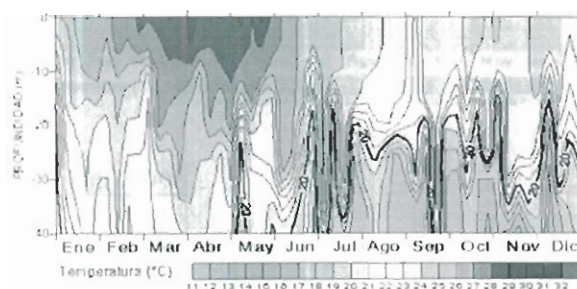


CIB-ESPOL

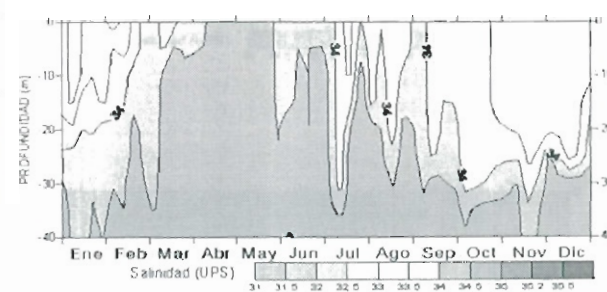
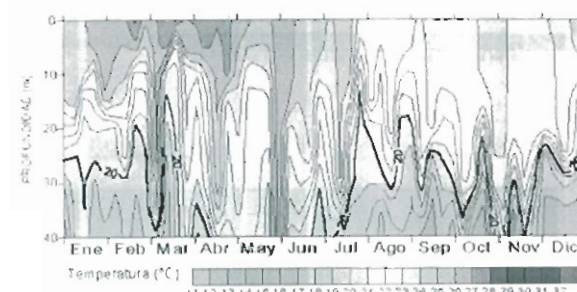
ANEXO 2

ESTRUCTURAS ANUALES VERTICALES DE TEMPERATURA Y SALINIDAD (1992-oct 2002)

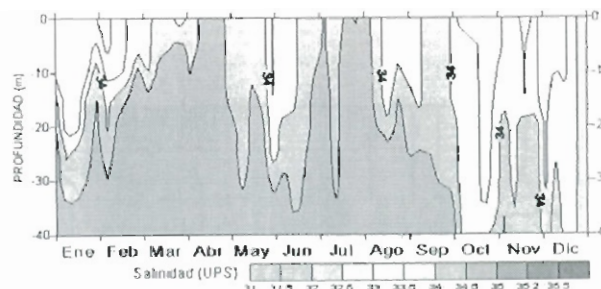
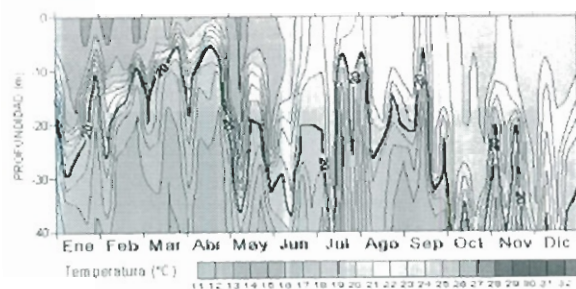
Año 1992



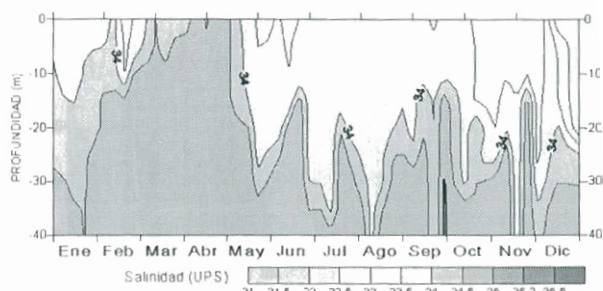
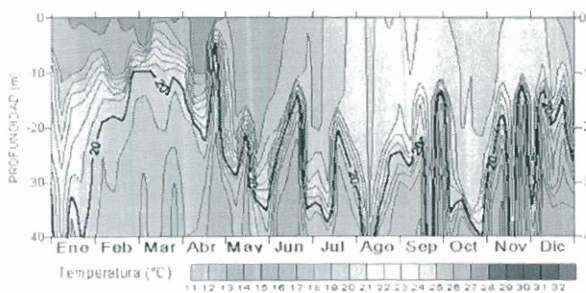
Año 1993



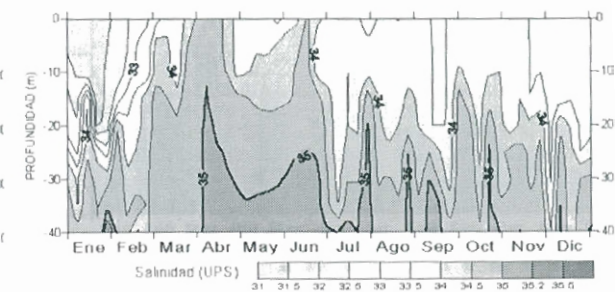
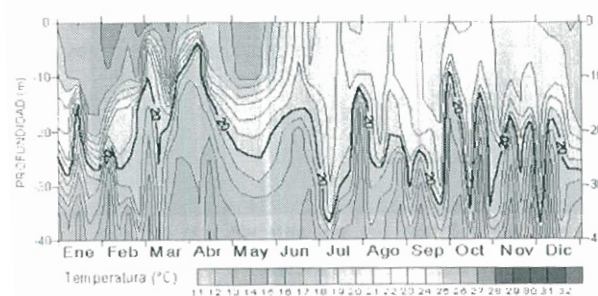
Año 1994



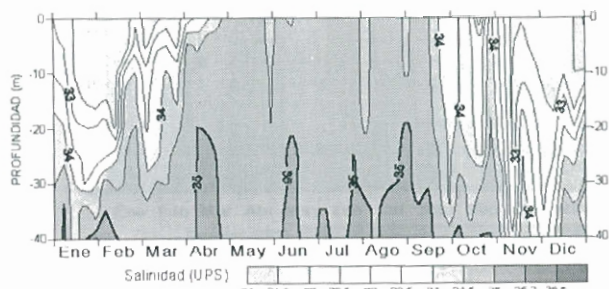
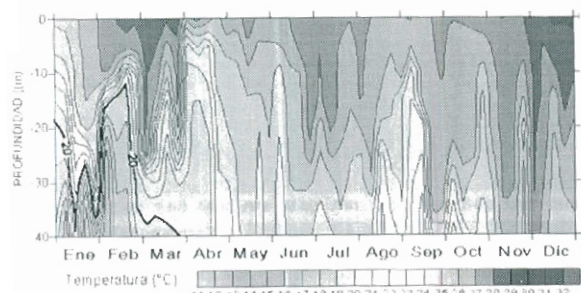
Año 1995



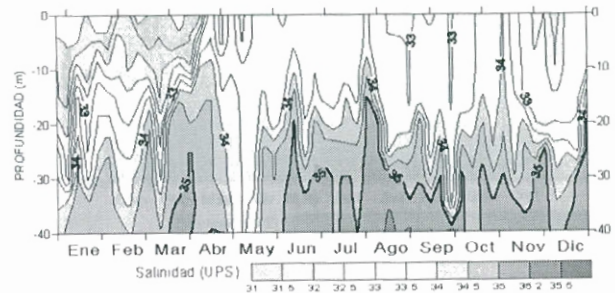
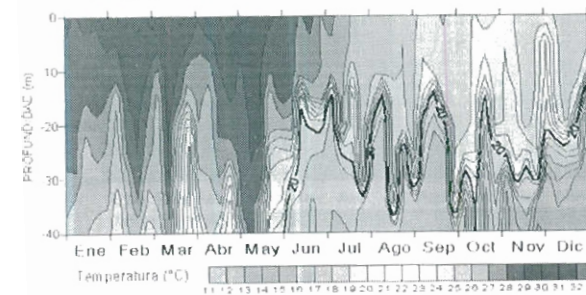
Año 1996



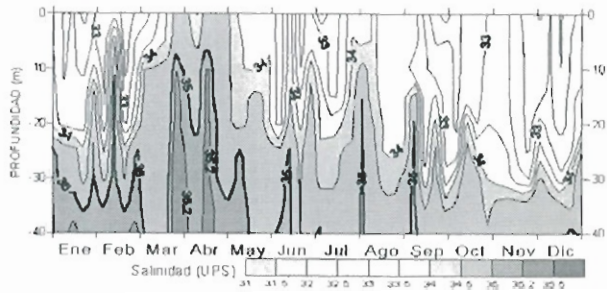
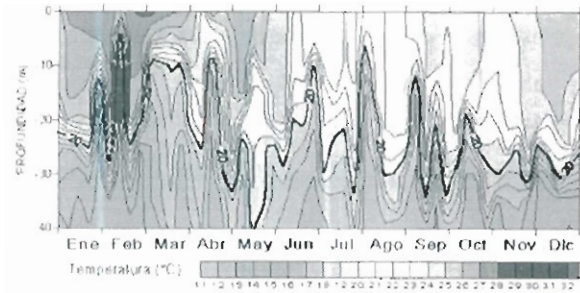
Año 1997



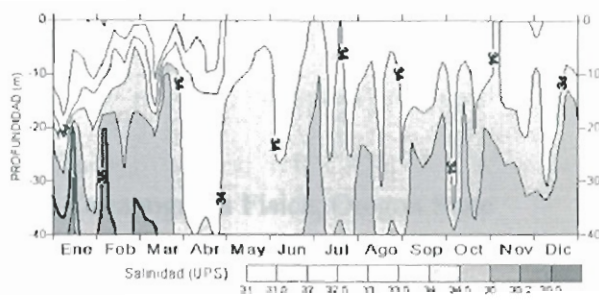
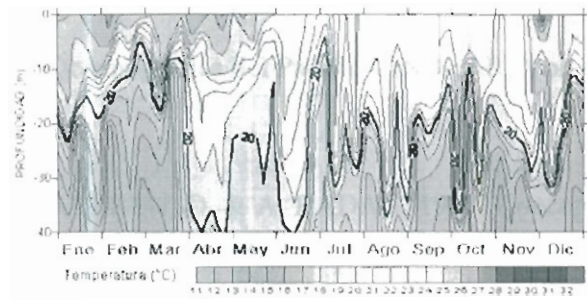
Año 1998



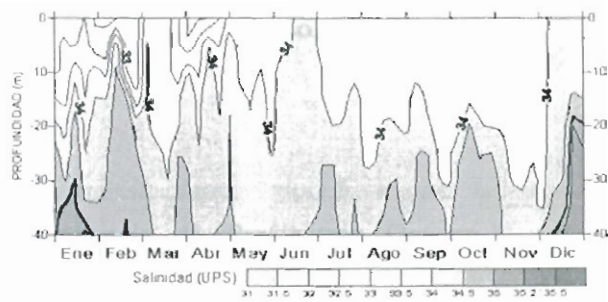
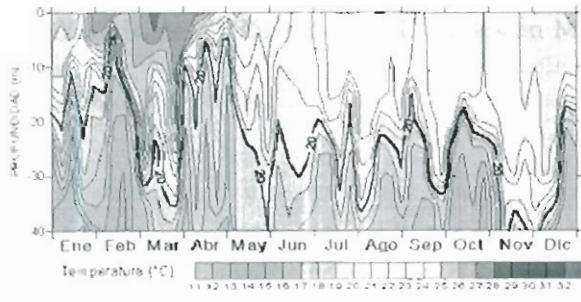
Año 1999



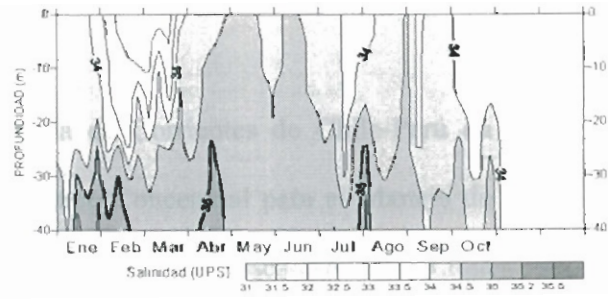
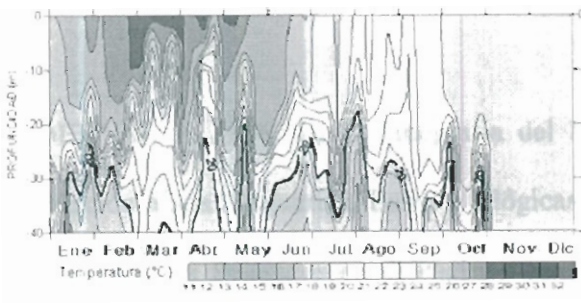
Año 2000



Año 2001



Año 2002



BIBLIOGRAFÍA

ALLAUCA, S. 1990.. Presencia de la Corriente Costanera Ecuatoriana, Acta Oceanográfica del Pacífico, INOCAR, Vol. 6, No. 1, pp. 10-17.

ASKREN, D. & A. BADAN, 1978. Conceptos de Oceanografía Física, Oregon State University, pp. 6-7.

AYOUB, M. 1985. Procesos Litorales en Monteverde, Tesis de Grado, ESPOL, pp. 87- 92.

BAYOT, B. 1993. Variabilidad de Baja Frecuencia de Parámetros Océano-Atmosféricos en Salinas y Galápagos durante el Período 1985-1988, Tesis de Grado, ESPOL, pp. 15-19, 94-98.

BIERNAL P. 1986. La Oceanografía del Sistema de Corrientes de Chile-Perú en relación a sus Pesquerías. Bases Biológicas y Marco Conceptual para el Manejo de los Recursos Pelágicos en el Pacífico Sur-Oriental, Doc. de Pesca No. 001, Lima Perú, pp. 17-21.

CEDENO, A. 1990. Estadística de la Temperatura Superficial y Nivel Medio del Mar en La Libertad (Ecuador), Tesis de Grado, ESPOL.

CHAVARRÍA, J. 2001. Estación Oceanográfica *El Pelado*, Informe de Consultoría, CENAIM- Proyecto IAI-CATHALAC, 53 pp.

CHAVARRÍA, J. y B. BAYOT. 1996. Campos de Presión del Pacífico Tropical Suroriental en relación a la Oscilación del Sur: Los Índices San Cristóbal/Guayaquil (Ecuador)- Darwin (Australia), Acta Oceanográfica del Pacífico, INOCAR, Vol. 8, No. 1, pp. 15 – 27.

CHAVARRÍA, J. y B. BAYOT, 2002. Introducción al Análisis de Series de Tiempo, Manual de Análisis de Datos, CENAIM, pp.4-30.

CHAVARRIA, J. 2003. Desarrollo de un Sistema de Alerta Climático para la Acuicultura Parte 1, Boletín Informativo: CENAIM INFORMA, No. 81. Fundación CENAIM-ESPOL. (<http://www.cenaim.espol.edu.ec>)

CHIRIGUAYA, J. y L. BURGOS. 1990. Acta Oceanográfica del Ecuador, INOCAR Vol. 6, No. 1, pp. 2-38.



CLIMANÁLISE, 1996. Boletim de Monitoramento e Análise Climática, Vol. 11, No. 1, Sao Paulo, pp. 53.

CORNEJO R., M. P. 1993. Recetas de Análisis Espectral, ESPOL, pp. 17-30.

CORNEJO, M. P. 1998. Variaciones Climáticas: Impacto del Fenómeno El Niño/Oscilación del Sur en la Acuicultura del Ecuador, El Mundo Acuícola Vol. 4, No. 1, pp. 5-7.

CUCALÓN, E. 1982. Oceanografía Física del Fenómeno de “El Niño” de 1976. Tesis de Grado, ESPOL, pp. 21-42.

CUCALÓN, E. 1986. Sinopsis de la Oceanografía de la Región frente a las Costas del Ecuador, Bases Biológicas y Marco Conceptual para el Manejo de los Recursos Pelágicos en el Pacífico Sur-Oriental, Doc. de Pesca No. 001, Lima-Perú, pp. 30-33

CUCALÓN, E. y L. MARIDUEÑA, 1988. El Fenómeno de “El Niño” de 1987 y sus Efectos en la Pesquería Pelágica Ecuatoriana. Trabajo presentado en el Simposio sobre Recursos Vivos y Pesquería en el Pacífico Sudeste, Chile, pp. 21-28.

EL UNIVERSO, enero 20 - 2001. Sospecha de Meningitis en La Libertad aumenta Focos de Infección.



ENFIELD, D. 1976. Oceanografía de la Región Norte del Frente Ecuatorial: Aspectos Físicos, FAO Fish Rep. N. 15, pp. 229-234.

ENFIELD, D. 1978. Manual de prácticas de Oceanografía Física, INOCAR, pp. 57-76.

GOLDEN SOFTWARE, 1999. Surfer®7 User's Guide, Golden Software, Inc. Colorado, 692 pp.

INP, 1988. Informe de crucero T8803I-INP-GALAPAGOS.

JENKINS G. & D. WATTS, 1968. Spectral Analysis and its Applications, Holden-Day, San Francisco, Cap. 7.

KNAUSS, J. A. 1960. Measurements of the Cromwell Current, Deep Sea Res., Vol. 6, No. 4, pp. 265-286.

KNAUSS, J. A. 1966. Further Measurements and Observations of the Cromwell Current, J. Mar. Res., Vol. 24, No. 2, pp. 205-240.

MILLER. I., J. FREUND, R. JOHNSON, 1992. Probabilidad y Estadística para Ingenieros, 4th edición, México, pp. 326-357

MOREANO, H. 1983. Interacción Océano-Atmósfera sobre la Zona Costera del Ecuador, Acta Oceanográfica del Pacífico, INOCAR, Vol. 2, No.1, pp. 1-11.

OKUDA, T., M. VALENCIA y R. TREJOS, 1983. Nutrientes en las Aguas Superficiales y Subsuperficiales en el Área frente al Ecuador, Acta Oceanográfica del Pacífico, INOCAR, Vol. 2, No. 1, pp. 31-51.

OKUDA, T., R. TREJOS, M. VALENCIA y A. RODRIGUEZ, 1983. Variación Estacional de la Posición del Frente Ecuatorial y su Efecto sobre la Fertilidad de las Aguas Superficiales Ecuatorianas, Acta Oceanográfica del Pacífico, INOCAR, Vol. 2, No. 1, pp. 53-84.

PAK, H. & J. R. ZANEVELD, 1974. Equatorial Front in the Eastern Pacific Ocean., Vol. 4, No. 4, pp. 570-578.

RIOFRIO, M. & J. CHAVARRIA, 2002. Caracterización Termohalina de la Estación Oceanográfica *El Pelado*, ESPOLCIENCIA (Póster).

SANTOS, J. 1984. El Análisis Espectral Aplicado a Parámetros Oceanográficos y Meteorológicos de las Localidades de Ancón y La Libertad, ESPOL, Tesis de Grado, pp. 106-148.

SCHEAFFER R, J. MC CLAVE, 1993. Probabilidad y Estadística para Ingeniería, Grupo Editorial Iberoamérica, México, pp. 250-268.

SILVA, G. 1992. Análisis de la Variabilidad Climática de la Zona Costera Ecuatoriana utilizando Componentes Principales, ESPOL, Tesis de Grado, pp.20-55.

SONNENHOLZNER, S. 1993. Variabilidad Oceanográfica Subsuperficial frente a la Costa Ecuatoriana asociada a la Subcorriente Ecuatorial (1984-1990), Tesis de Grado, ESPOL, pp. 44-85.

STEVENSON, M. R., O. GUILLEN y J. SANTORO, 1970. Marine Atlas of the Pacific Coastal Water y South America, Univ. California Press, Berkeley, 23 pp., 99 Charts.

STEVENSON, M. R. y B. A. Taft, 1971. New Evidence of the Equatorial Undercurrent East of the Galápagos Islands, J. Mar. Res., Vol. 29, No. 2, pp 103-115.

STEVENSON, M. R. 1981. Variaciones Estacionales en el Golfo de Guayaquil, un Estuario Tropical., Instituto Nacional de Pesca, Boletín Científico y Técnico, Vol. 4, No. 1, pp. 6-7.

WHITE, W. 1969. The Equatorial Undercurrent, The South Equatorial Countercurrent and Their Extension in the South Pacific Ocean East of Galápagos

Islands during February-March 1967, Texas A & M University, Report. 69-4-T, 74 pp.

WOOSTER, W. S. 1969. Equatorial Front between Perú and Galápagos, Deep Sea Research, Supp. 16, pp. 407-419.

WYRTKI, K. 1965a. Surface Currents of the Eastern Tropical Pacific Ocean, Inter-Amer Trop. Tuna Comm., Bull. Vol. 9, No. 5, pp. 271-304.

WYRTKI, K. 1965b. Summary of Physical Oceanography of the Eastern Pacific. Ocean., Scripps Tuna Oc. Res. Group. Ins. of. Mar. Res., Univ. of California, Ref. 65-10, 69 pp.

WYRTKI, K. 1966. Oceanography of the Eastern Equatorial Pacific Ocean, Oceanogr. Mar. Biol. Am. Rev., Vol. 4, pp. 33-68.

WYRTKI, K. 1967. Circulation and Water Masses in the Eastern Equatorial Pacific, Inst. J. Oceanol. Limnol, Vol. 1, No. 2, pp. 117-147.

ZUTA, S. y O. GUILLÉN, 1970, Oceanografía de las Aguas Costeras del Perú, Bol. Ins. Mar Perú, Vol. 2, No. 5, pp. 157-324.

