

Prof. Alfredo Rivas López

UNIVERSIDAD DE ORIENTE
INSTITUTO OCEANOGRÁFICO DE VENEZUELA
DEPARTAMENTO DE OCEANOGRAFÍA
SECCIÓN DE OCEANOGRAFÍA FÍSICA Y GEOLÓGICA

Gara biblioteca del Dpto



VARIABILIDAD DEL RÉGIMEN DE TEMPERATURA SUPERFICIAL
DEL MAR COSTERO DE VENEZUELA: IMPLEMENTACIÓN DE UNA
RED DE MONITOREO A ESCALA NACIONAL Y SU
APROVECHAMIENTO EN ESTUDIOS OCEANOGRÁFICOS,
CLIMATOLÓGICOS, PESQUEROS Y DE ECOLOGÍA MARINA.

RED DE TERMOMETRÍA MARINA DE VENEZUELA
RETMARVEN

CONICIT: PROYECTO RP-VII-250062



1er. INFORME TÉCNICO DE AVANCE

Marzo 1994

INDICE

1.- INTRODUCCIÓN	
2.- RECAUDACIÓN DE INFORMACIÓN.....	1
2.1.- INFORMACIÓN HISTÓRICA.....	1
2.2.- INFORMACIÓN RECABADA POR RETMARVEN.....	4
2.3.- MEDICIONES DESDE EL ESPACIO.....	15
3.- ALMACENAMIENTO DE INFORMACIÓN.....	16
4.- PROCESAMIENTO DE INFORMACIÓN.....	17
4.1.- APLICABILIDAD A LAS PESQUERÍAS.....	17
4.2.- APLICABILIDAD A LA OCEANOGRAFÍA DESCRIPTIVA REGIONAL.....	19
4.3.- APLICABILIDAD A LA CLIMATOLOGÍA.....	20
4.4.- APLICABILIDAD A LA ECOLOGÍA MARINA LOCAL.....	20
APÉNDICE	21

CE

INTRODUCCIÓN

El proyecto VARIABILIDAD DEL RÉGIMEN DE TEMPERATURA SUPERFICIAL DEL MAR COSTERO DE VENEZUELA : IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED DE MONITOREO A ESCALA NACIONAL Y SU APROVECHAMIENTO EN ESTUDIOS CLIMATOLÓGICOS, OCEANOGRÁFICOS, PESQUEROS Y ECOLOGÍA MARINA (CONICIT RP-VII-250062), persigue como objetivo fundamental establecer una red de estaciones de mediciones continuas y automatizadas de la temperatura superficial del mar en la región costero-insular del país, basándose en un esfuerzo integrado de instituciones -de diversas naturaleza- vinculadas a la investigación y desarrollo nacional de las Ciencias Marinas y al manejo y protección de los recursos marinos de Venezuela.

Nueve meses después de haberse recibido el apoyo financiero al proyecto, por parte del CONICIT, es posible afirmar que la existencia de quince (15) estaciones de registro automatizado implantadas en nuestro mar territorial con el concurso de 12 instituciones (oficiales y privadas) constituye una evidencia inequívoca del éxito del programa.

Este PRIMER INFORME TÉCNICO DE AVANCE expone los resultados de las actividades realizadas durante 1993 en el periodo ABRIL - DICIEMBRE y, se ha estructurado en términos de la lógica secuencia RECAUDACIÓN, ALMACENAMIENTO y PROCESAMIENTO de la información objeto de estudio.

2.- RECAUDACIÓN DE INFORMACIÓN

2.1.- INFORMACIÓN HISTÓRICA

Utilizando como fuente de información los archivos de la División de Geodesia del Servicio Autónomo de Geografía y Cartografía Nacional (SAGECAN), de la Dirección de Hidrología y Meteorología (DHM), -ambas entidades adscritas al MARNR-, del Servicio de Meteorología de la FAV y de la Dirección de Hidrografía y Navegación (DHN) de la Armada, se ha planteado un proceso de recopilación de toda la información existente en Venezuela relacionada con los propósitos de nuestro Proyecto. En este sentido, se ha iniciado el esfuerzo de transcribir el conjunto de registros históricos de los parámetros marinos y meteorológicos de interés (ver tabla I).

TABLA I: Fuente de información para la recopilación de los registros históricos de los parámetros marinos y meteorológicos.

PARÁMETRO	INSTITUCIÓN	FRECUENCIA	Nº DE ESTACIÓN
TEMPERATURA SUPERFICIAL DEL MAR	SAGECAN (MARNR)	DIARIA	5
NIVEL MEDIO RELATIVO DEL MAR	SAGECAN (MARNR)	HORARIA	5
DIRECCIÓN Y MAGNITUD DEL VIENTO	SM (FAV) DHM (MARNR) DHN (Armada)	HORARIA	20

Las estaciones a las que se refiere la última columna de la tabla I son aquellas que ofrecen registros con una mínima extensión de 10 años y su ubicación geográfica aparece reseñada en las figuras 1 y 2 respectivamente.

En la sección 4 de este INFORME de AVANCE (PROCESAMIENTO DE INFORMACIÓN) se presentará un ejercicio rutinario acerca del manejo de esta información histórica y su importancia en el estudio que nos ocupa como aplicabilidad a la pesquería regional.

Nº	LOCALIZACION	LATITUD	LONGITUD	INICIO	ELEV(m)	AGENCIA
1	GUÍRIA	10°35'N	62°08'W	ENE/51	8	F.A.V.
2	CARUPANO	10°40'N	63°15'W	ENE/76	20	D.H.N.
3	ISLA DE AVES	15°40'N	63°37'W	ENE/81	5	D.H.N.
4	PORLAMAR	10°00'N	64°00'W	JUN/75	24	F.A.V.
5	PUNTA DE PIEDRA	10°54'N	64°06'W	ENE/62	3	F.A.V.
6	CUMANA	10°26'N	64°12'W	ENE/67	3	F.A.V.
7	SAN FRANCISCO	11°01'N	64°17'W	ABR/49	90	M.A.R.N.R.
8	LA BLANQUILLA	11°50'N	64°33'W	ENE/87	3	D.H.N.
9	BARCELONA	10°08'N	64°41'W	ENE/55	7	F.A.V.
10	LA ORCHILA	11°48'N	66°11'W	ABR/58	3	D.H.N.
11	LOS CARACAS	10°37'N	66°34'W	MAY/54	15	M.A.R.N.R.
12	MAIQUETIA	10°36'N	66°59'W	ENE/51	43	F.A.V.
13	ESCUELA NAVAL	10°35'N	67°02'W	ENE/68	80	D.H.N.
14	CARAYACA	10°32'N	66°34'W	ENE/56	970	F.A.V.
15	PUERTO CABELLO	10°28'N	68°04'W	AUG/62	2	D.H.N.
16	TOCUYO DE LA COSTA	11°02'N	68°22'W	FEB/63	5	M.A.R.N.R.
17	PUERTO CUMAREBO	11°29'N	69°21'W	OCT/75	13	F.A.V.
18	CORO	11°25'N	69°40'W	ENE/52	20	F.A.V.
19	PUNTO FIJO	11°39'N	70°13'W	SEP/75	22	D.H.N.
20	MARACAIBO	10°38'N	71°03'W		40	F.A.V.

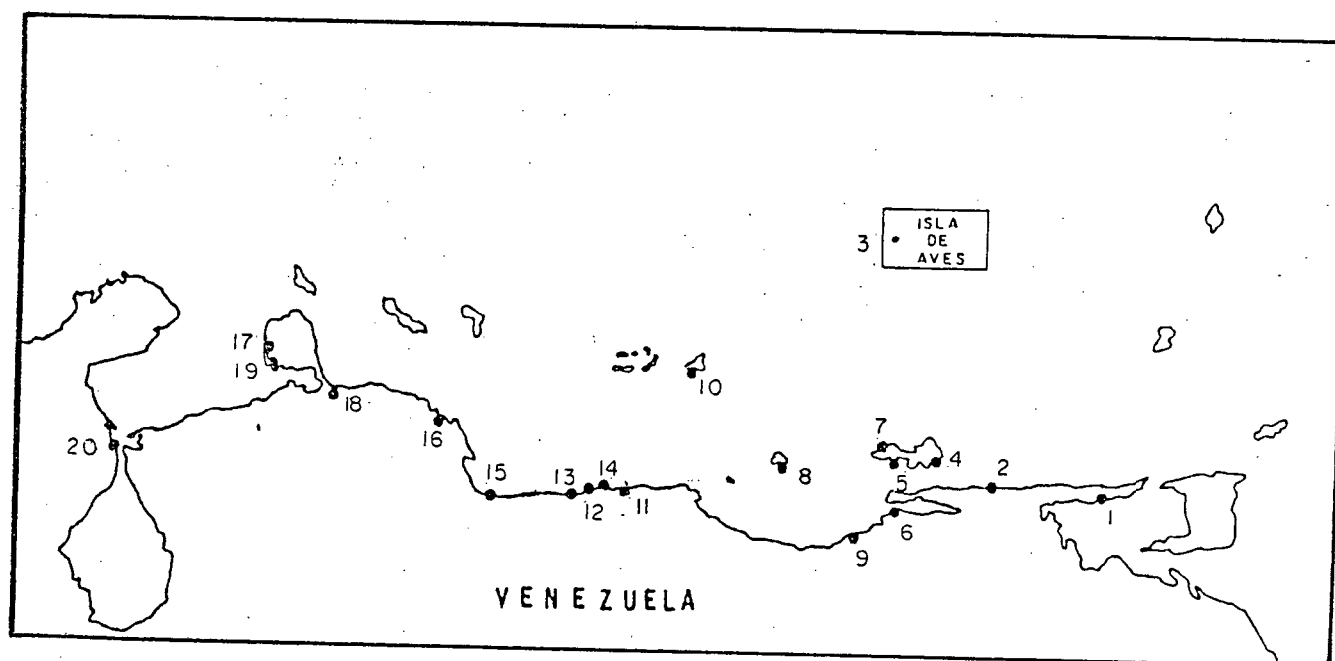


FIGURA 1: Distribución espacial de las ESTACIONES DE REGISTROS METEOROLÓGICOS a lo largo del margen costero - insular de Venezuela.

Nº	LOCALIZACION	LATITUD	LONGITUD	PERIODO
1	PUERTO HIERRO	10°37'N	62°05'W	1955 - 1963
2	CARUPANO	10°40'N	63°15'W	1967 - 1987
3	CUMANA	10°28'N	64°12'W	1953 - 1976
4	LA GUAIRA	10°28'N	66°56'W	1953 - 1989
5	AMUAY	10°45'N	70°13'W	1953 - 1985
6	MARACAIBO	10°41'N	71°35'W	1964 - 1989

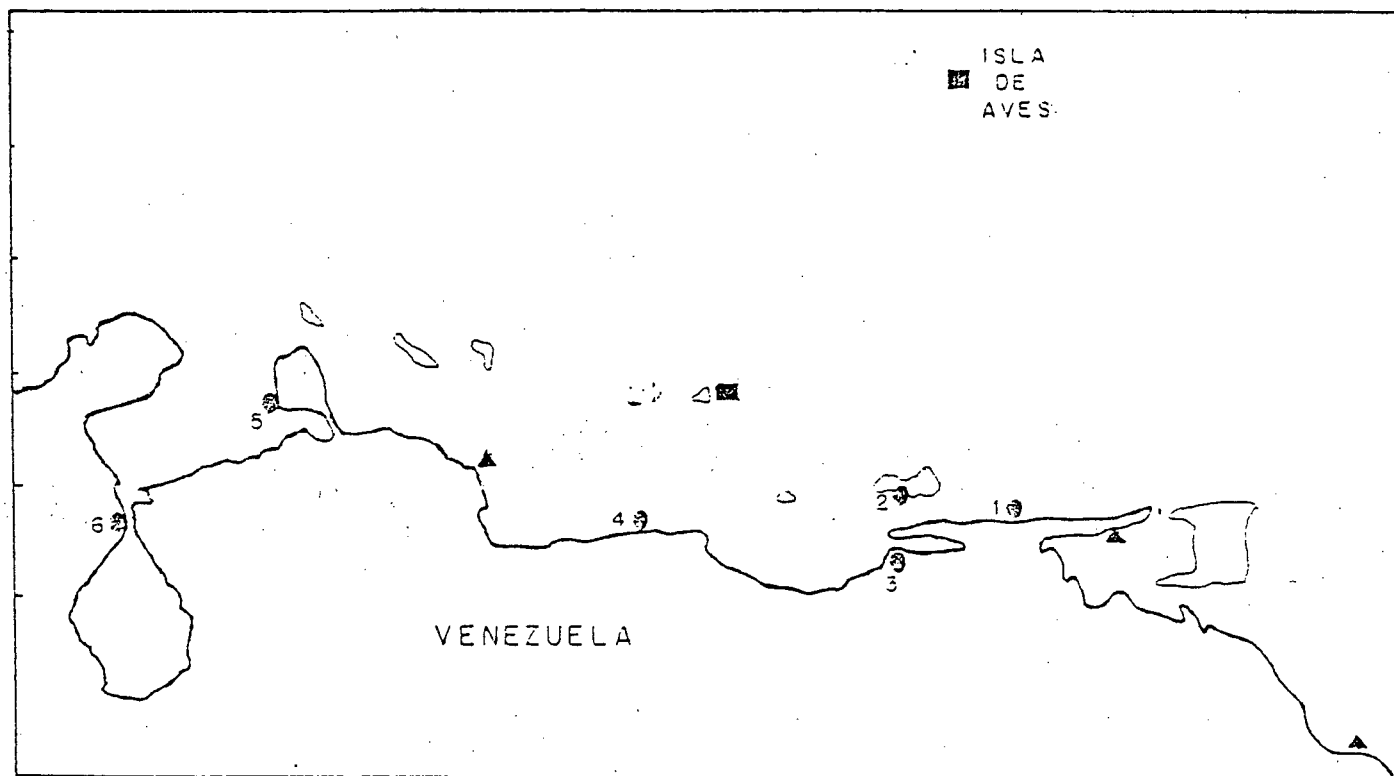


FIGURA 2: Distribución espacial de las ESTACIONES de REGISTRO del NIVEL MEDIO RELATIVO del MAR a lo largo del margen costero - insular del país.

■ Estación insular a ser activada durante la segunda mitad de 1994.

▲ Estaciones costeras a ser activadas durante 1994.

ESTACIONES TERMOMÉTRICAS EN EL MAR COSTERO DE VENEZUELA

Nº	LOCALIZACIÓN	LATITUD	LONGITUD
1	San Juan de Unares	10°43.30'N	62°50.80'W
2	Isla de Aves	15°40.00'N	63°37.00'W
3	Los Testigos	11°21.00'N	63°04.00'W
4	Los Frailes	11°12.00'N	63°43.00'W
5	Costas de Araya	10°39.00'N	64°12.00'W
6	Cubagua	10°49.80'N	64°10.00'W
7	Santa Fe	10°16.05'N	64°25.00'W
8	Jose	10°05.82'N	64°51.40'W
9	La Tortuga	10°50.20'N	65°15.00'W
10	La Orchila	11°50.00'N	66°10.63'W
11	La Guaira	10°36.13'N	66°56.84'W
12	Quizandal	10°29.50'N	68°00.00'W
13	Cumarebo	11°30.81'N	69°19.90'W
14	Adicora	11°56.76'N	69°46.08'W
15	Amuay	11°45.90'N	70°14.40'W
16	Los Monjes	12°21.50'N	70°54.00'W
17	Isla Zapara	11°00.28'N	71°35.10'W
18	Castillete	11°48.75'N	71°17.95'W

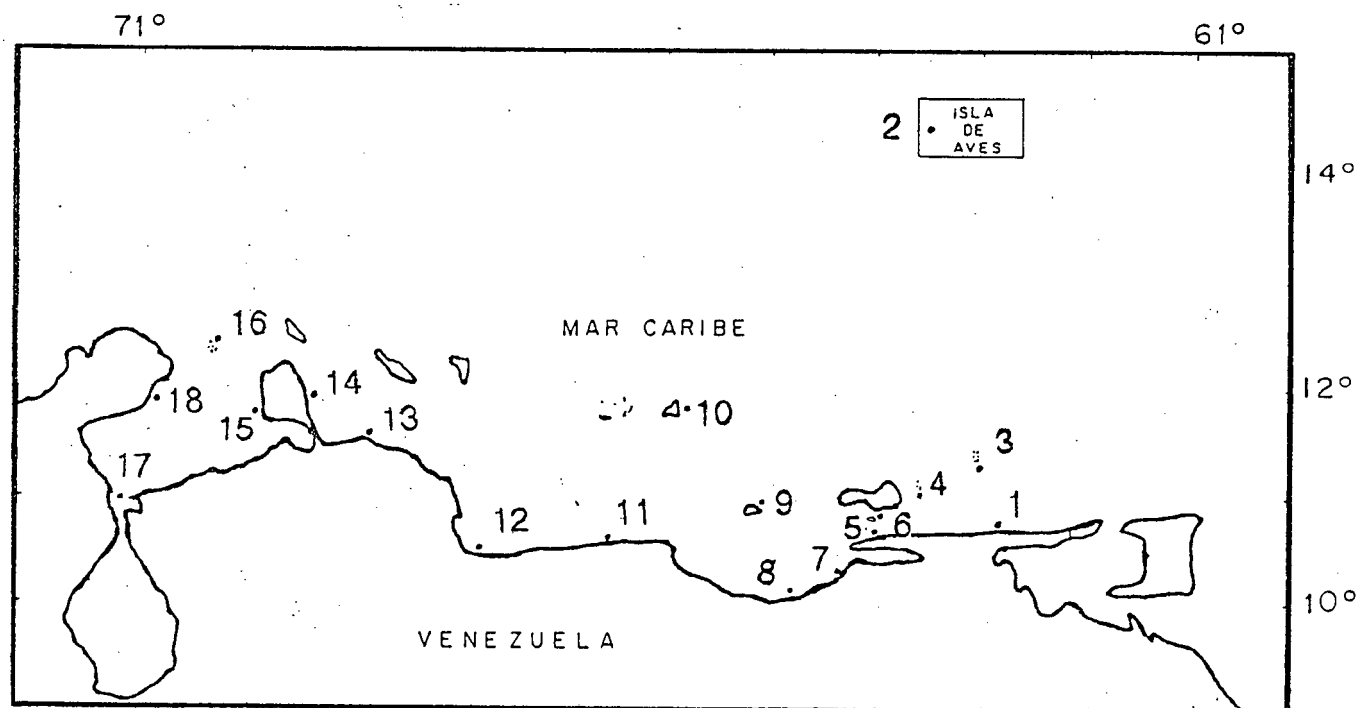


FIGURA 3: Distribución espacial de las ESTACIONES DE REGISTRO AUTOMATIZADO de la TEMPERATURA SUPERFICIAL del MAR, a lo largo del margen costero - insular de Venezuela.

2.2.- INFORMACIÓN RECAUDADA POR RETMARVEN

La información obtenida, hasta ahora, en nuestro Proyecto es la producida por los sensores automatizados instalados en 15 estaciones "sembradas" en el margen costero insular del país (ver figura 3), con la ayuda de un conjunto de instituciones (ver tabla II).

Operativamente, la instalación del sensor exige buceo autónomo y el arreglo mostrado en la figura 4. El sensor, marca BENTHOS, modelo TL - 2000, es un compacto forrado en PVC a prueba de corrosión, cubriendo el rango -5°C a 32°C , con una resolución dependiendo de la temperatura, según la siguiente tabla:

TEMPERATURA ($^{\circ}\text{C}$)	RESOLUCIÓN ($^{\circ}\text{C}$)
- 5	0.01
0	0.02
5	0.02
10	0.03
20	0.04
32	0.04

Este elemento tiene una capacidad para almacenar 32500 muestras automáticamente, muestreando cada 10 minutos, y sus baterías alcalinas permiten que para tal razón de monitoreo pueda permanecer operando, según el fabricante, hasta seis (6) meses continuamente.

El conjunto de figuras 5 - 18, muestra los registros obtenidos en cada una de las estaciones operativas. Cada figura es una serie de tiempo de valores horarios de la temperatura superficial del agua - a 3 mts por debajo del nivel del mar - extendiéndose desde el primer día de inmersión del sensor hasta la fecha en que se hizo su última recuperación.

Un breve análisis de estos registros se hará en la sección 4 de este INFORME DE AVANCE.

TABLA II

INSTITUCIONES COMPROMETIDAS EN LA RECAUDACIÓN DE
INFORMACIÓN DEL PROYECTO RETMARVEN

LOCALIDAD	INSTITUCIÓN	PUNTO FOCAL
Los Monjes	LUZ - Servicio de Guardacostas	Prof. Gonzalo Godoy / Cap. Luis Morales
Castillete	LUZ - Servicio de Guardacostas	Prof. Gonzalo Godoy / Cap. Luis Morales
Isla Zapara	LUZ - INC	Prof. Gonzalo Godoy
Amuay	UNEFM - Guardia Nacional	TC. Ramón Lozada
Adícora	UNEFM - Guardia Nacional	Prof. Rosa E. Sanchez
Cumarebo	UNEFM - Cementos Caribe	Ing. Jorge Luis Zabala
Quizandal	USB (INTECMAR)	Prof. David Bone
La Guaira	Servicio de Guardacostas	Tte. Victor Prieto Sangroni
Costas de Jose	CORPOVEN	Ing. Francisco Ortíz
Golfo de Santa Fe	Aquamarina de la Costa	Lic. Ramón Manrique
Costas de Araya	Geles del Caribe	Ing. Ricardo Hurtado
Isla de Cubagua	UDO (ECAM , Nueva Esparta)	Prof. Luis Troccoli
Los Frailes	UDO (ECAM , Nueva Esparta)	Prof. Luis Troccoli
Los Testigos	UDO (IOV , Sucre)	Tec. Manuel Gil
San Juan de Unares	UDO (IOV , Sucre)	Rommel Contreras
Isla de Aves	Servicio de Guardacostas	
La Orchila	Servicio de Guardacostas	
La Tortuga	Guardia Nacional	

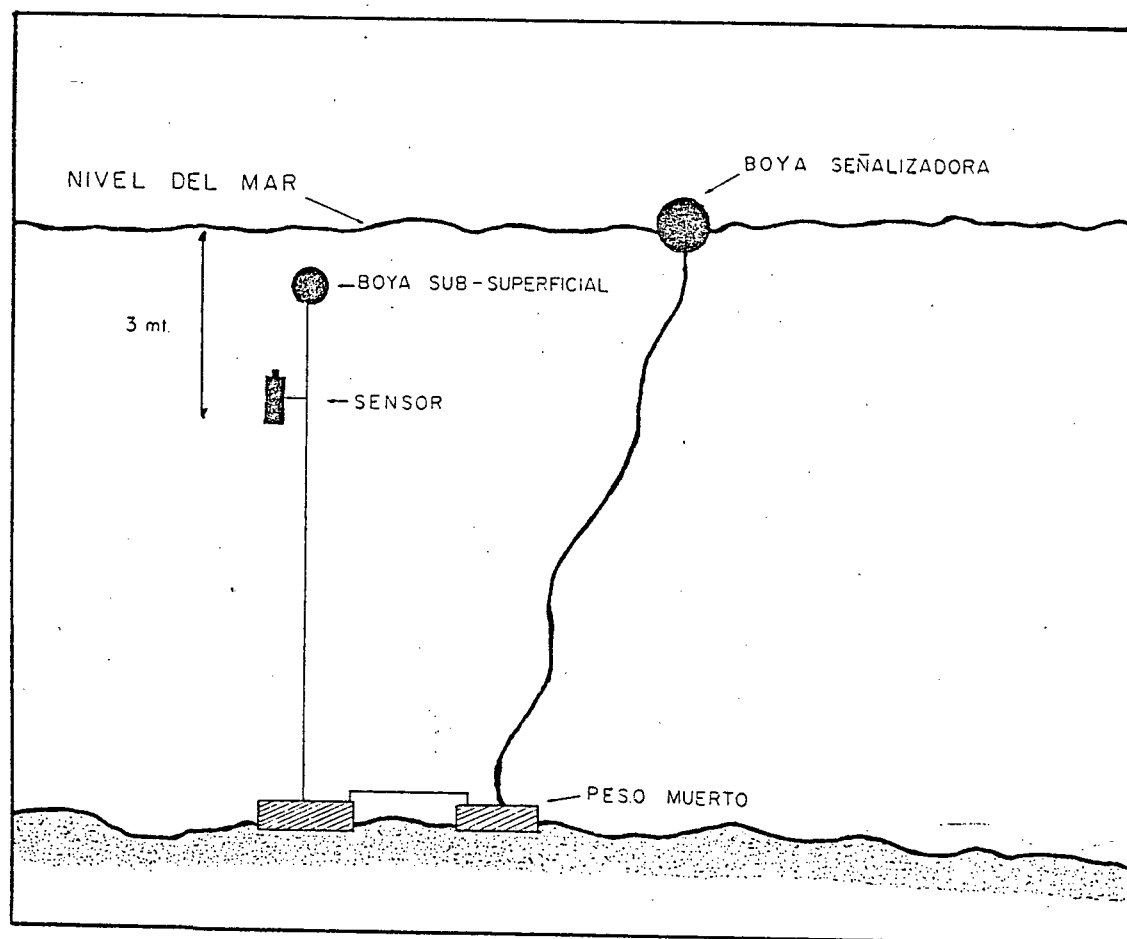


FIGURA 4: Estructura de las ESTACIONES DE REGISTRO AUTOMATIZADO utilizada como diseño base en la RED de TERMOMETRÍA MARINA de VENEZUELA.

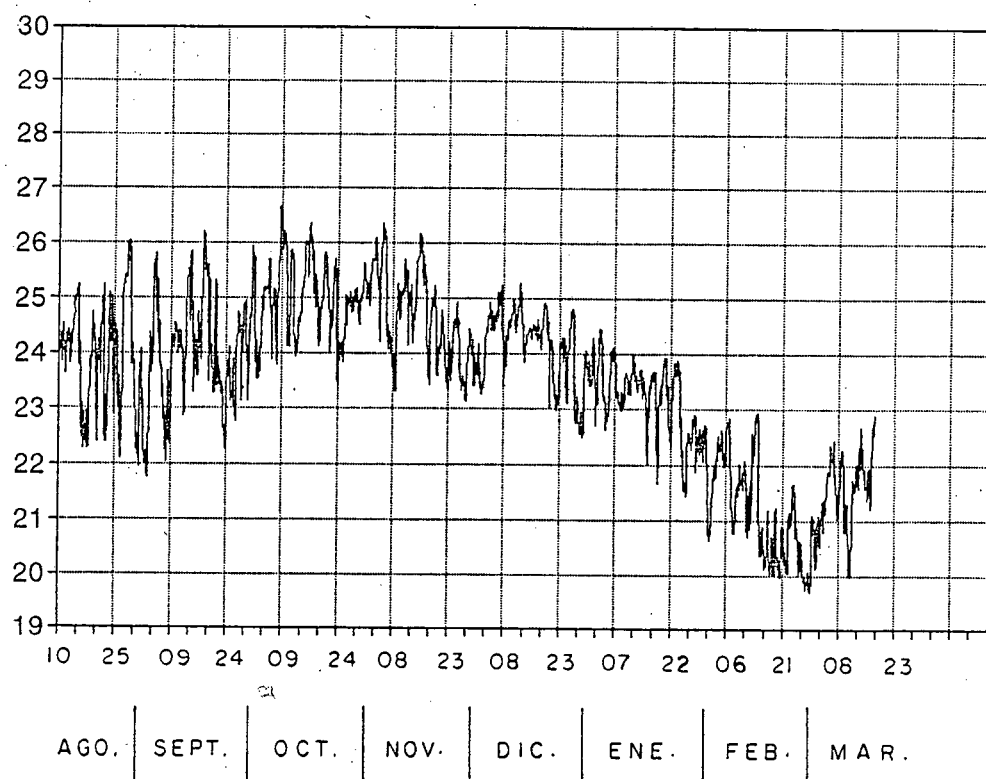


FIGURA 5: Serie de tiempo de valores horarios de la temperatura superficial del Mar (TSM) en la localidad de la Bahía de Charagato, Isla de Cubagua, Edo. Nueva Esparta; durante el lapso Agosto-93 a Marzo-94.

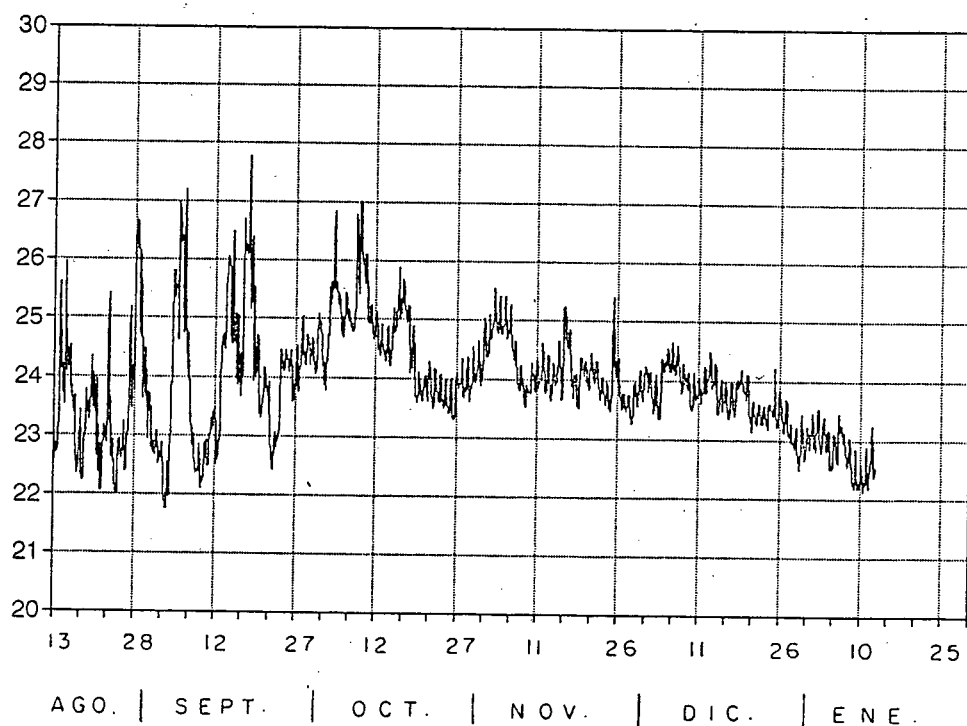


FIGURA 6: Serie de tiempo de valores horarios de la temperatura superficial del Mar (TSM) en la localidad de la Bahía del Guamache, Península de Araya, Edo. Sucre; durante el lapso Agosto-93 a Enero-94.

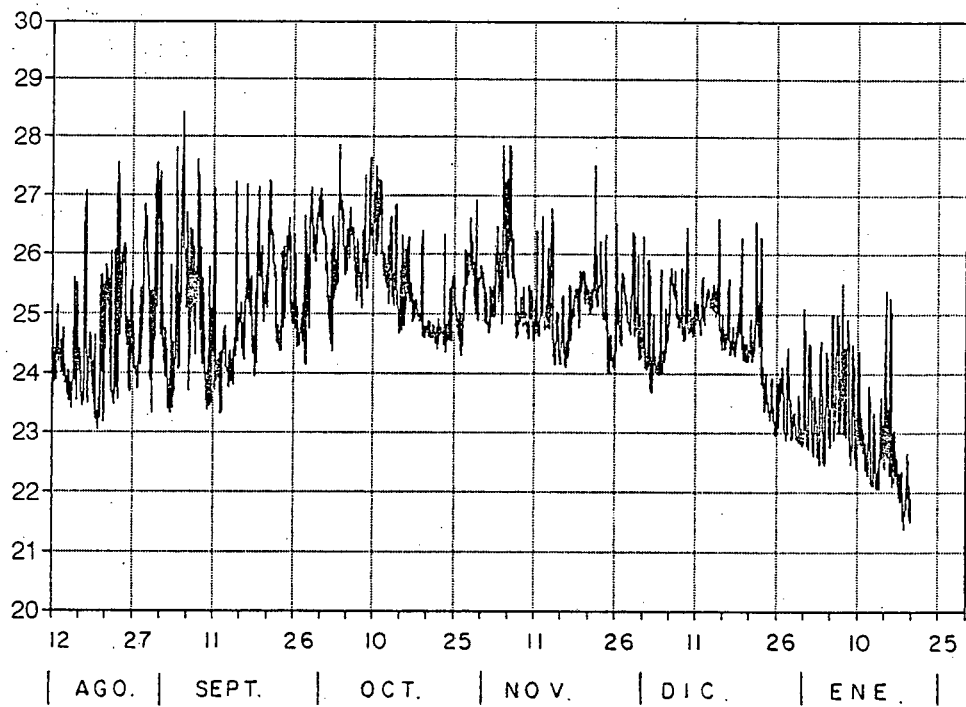


FIGURA 7: Serie de tiempo de valores horarios de la temperatura superficial del Mar (TSM) en la localidad del Golfo de Santa Fe, Edo. Anzoategui, Durante el lapso Agosto-93 a Enero-94.

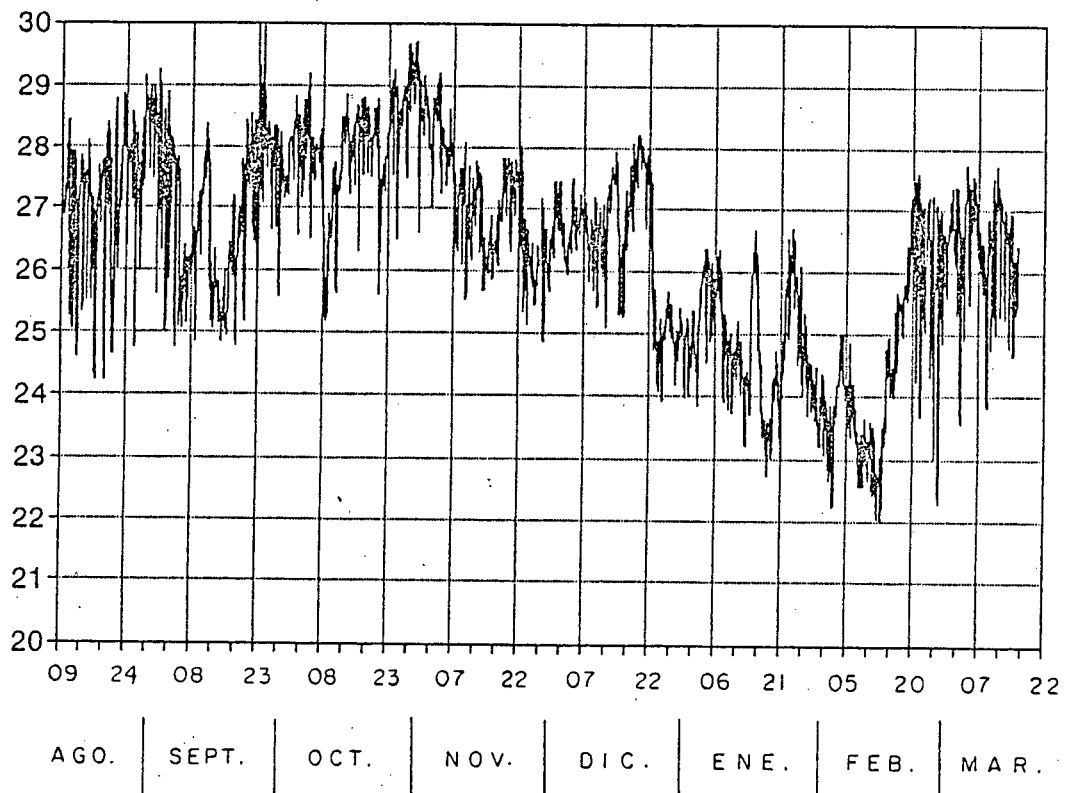


FIGURA 8: Serie de tiempo de valores horarios de la temperatura superficial del Mar (TSM) en la localidad de las Costas de Jose, Edo. Anzoategui, durante el lapso Agosto-93 a Marzo-94.

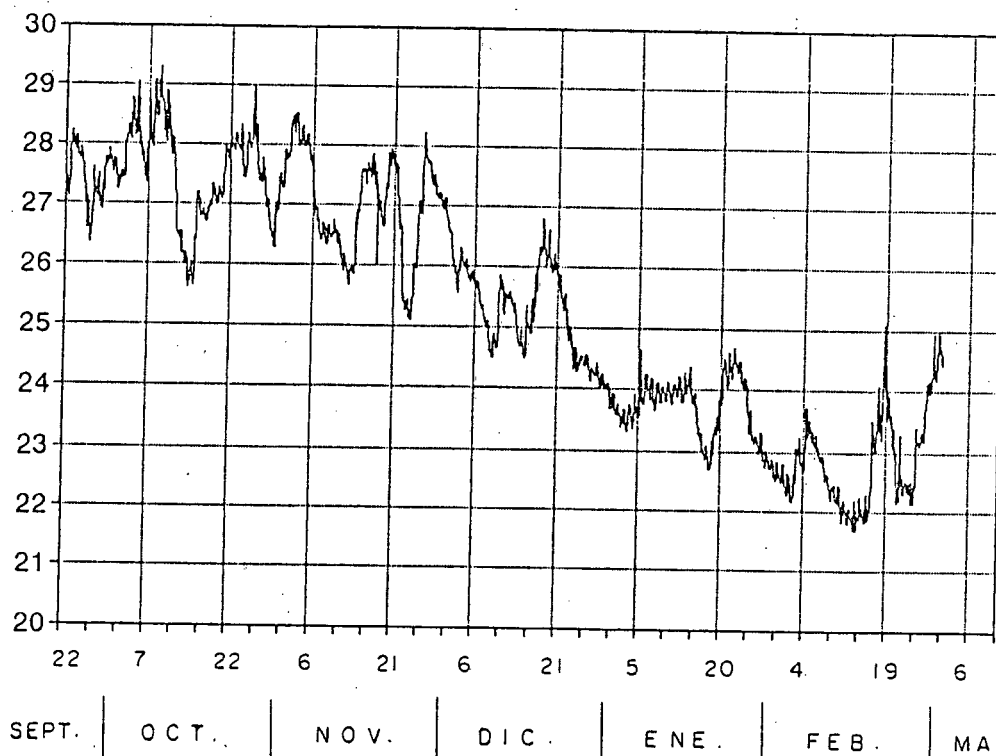


FIGURA 9: Serie de tiempo de valores horarios de la temperatura superficial del Mar (TSM) en la localidad de La Guaira, Distrito Federal; durante el lapso Septiembre-93 a Marzo-94.

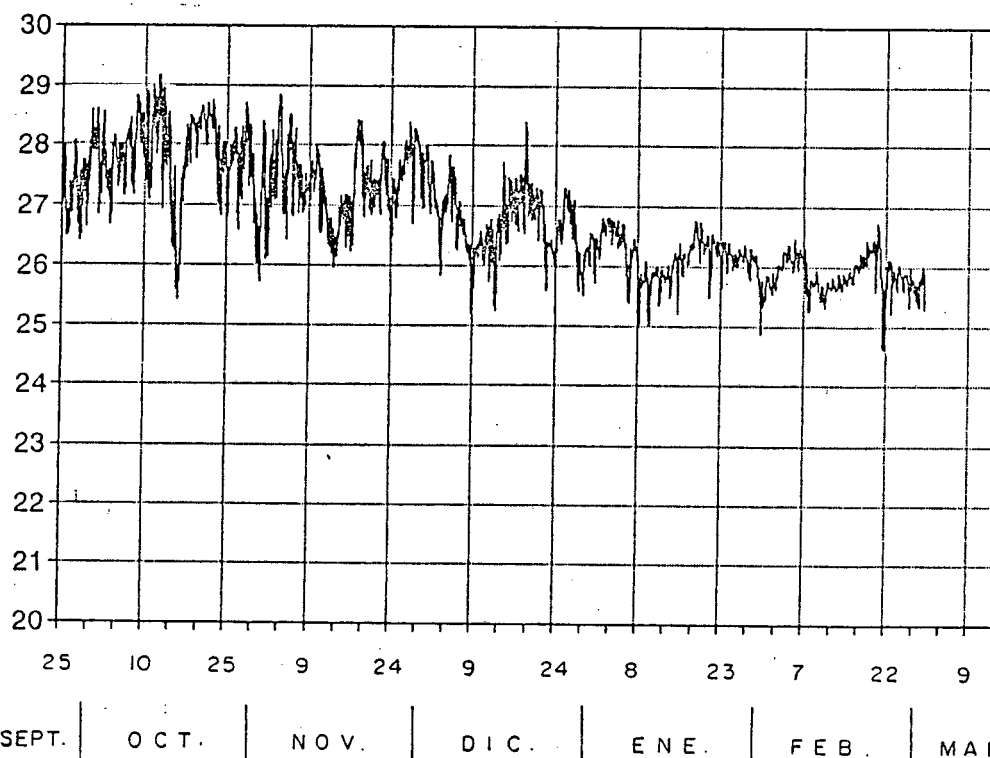


FIGURA 10: Serie de tiempo de valores horarios de la temperatura superficial del Mar (TSM) en la localidad de Playa Quizandal, Puerto Cabello, Edo. Carabobo; durante el lapso Septiembre-93 a Marzo-94.

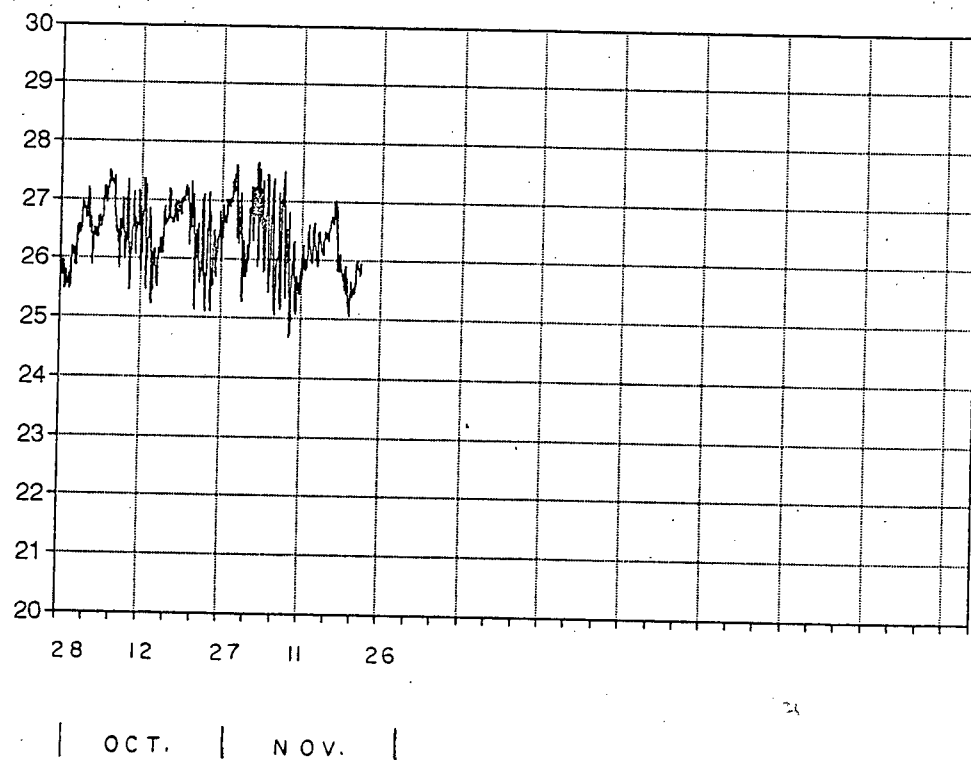


FIGURA 11: Serie de tiempo de valores horarios de la temperatura superficial del Mar (TSM) en la localidad de Puerto Cumarebo, Edo. Falcón; durante el lapso Octubre-93 a Noviembre-93.

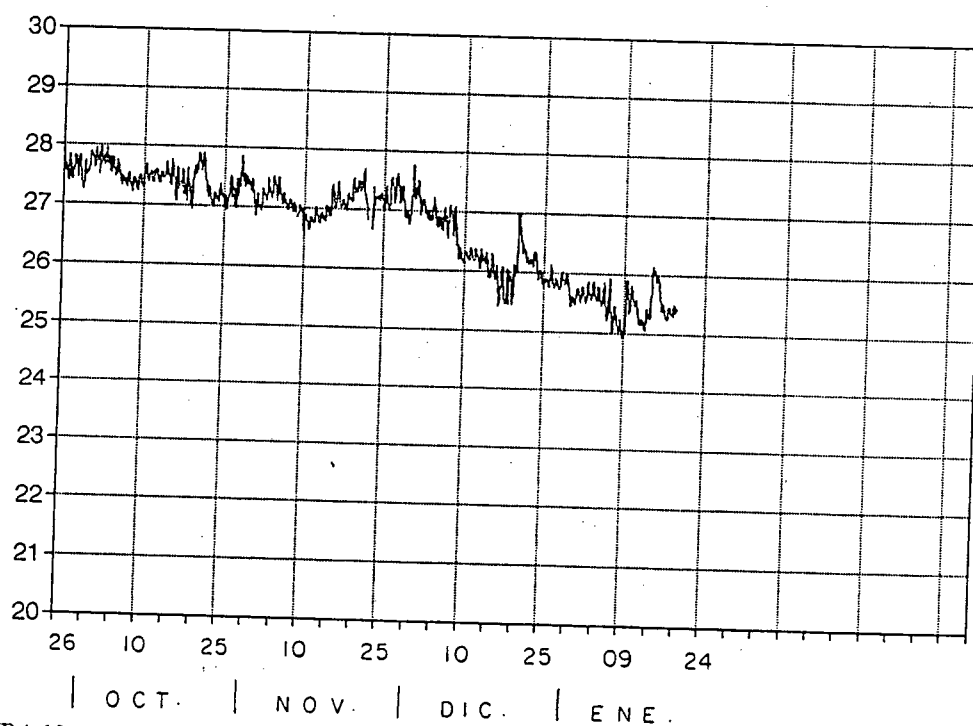


FIGURA 12: Serie de tiempo de valores horarios de la temperatura superficial del Mar (TSM) en la localidad de la Costas de Adicora, Península de Paraguaná, Edo. Falcón; durante el lapso Octubre-93 a Enero-94.

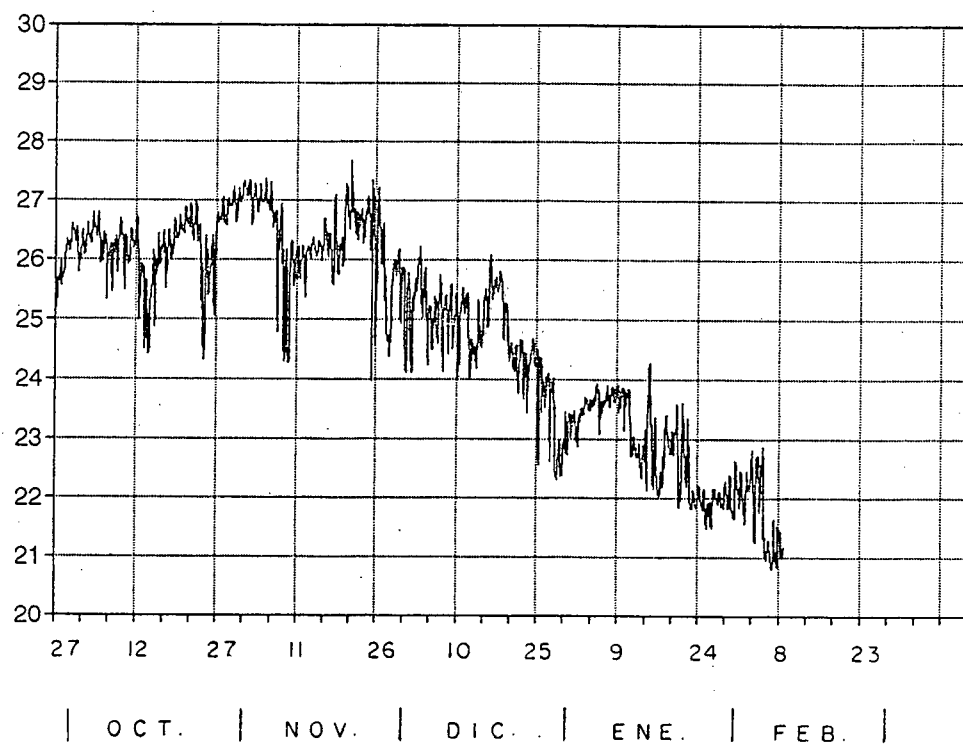


FIGURA 13: Serie de tiempo de valores horarios de la temperatura superficial del Mar (TSM) en la localidad de la Bahía de Amuay, Península de Paraguaná, Edo. Falcón; durante el lapso Octubre-93 a Febrero-94.

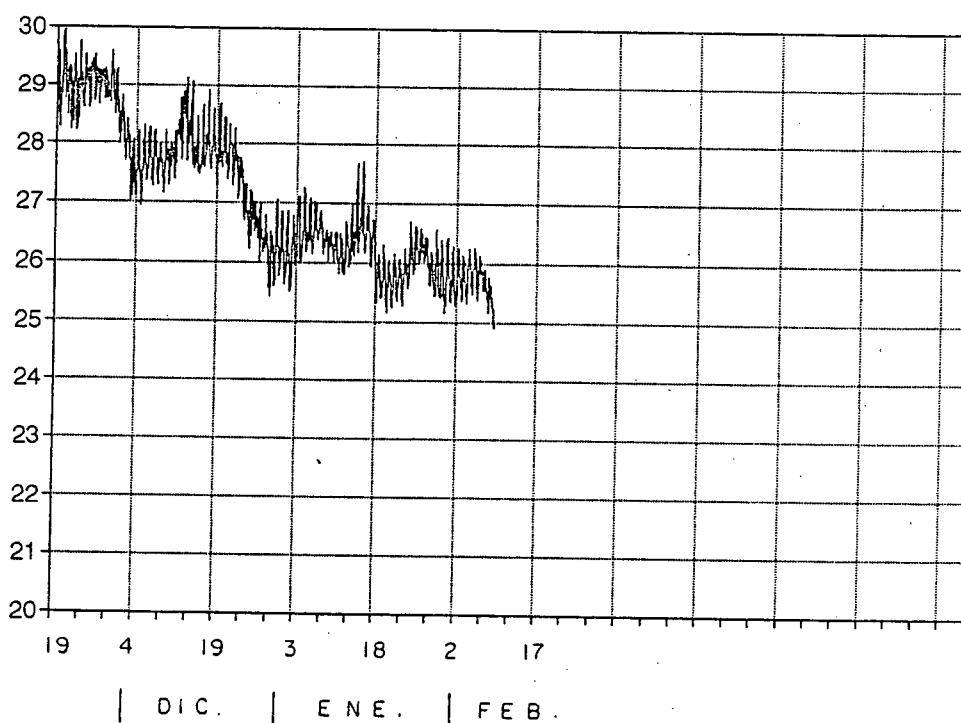


FIGURA 14: Serie de tiempo de valores horarios de la temperatura superficial del Mar (TSM) en la localidad de la Isla Zapara, Barra de Maracaibo, Edo. Zulia; durante el lapso Diciembre-93 a Febrero-94.

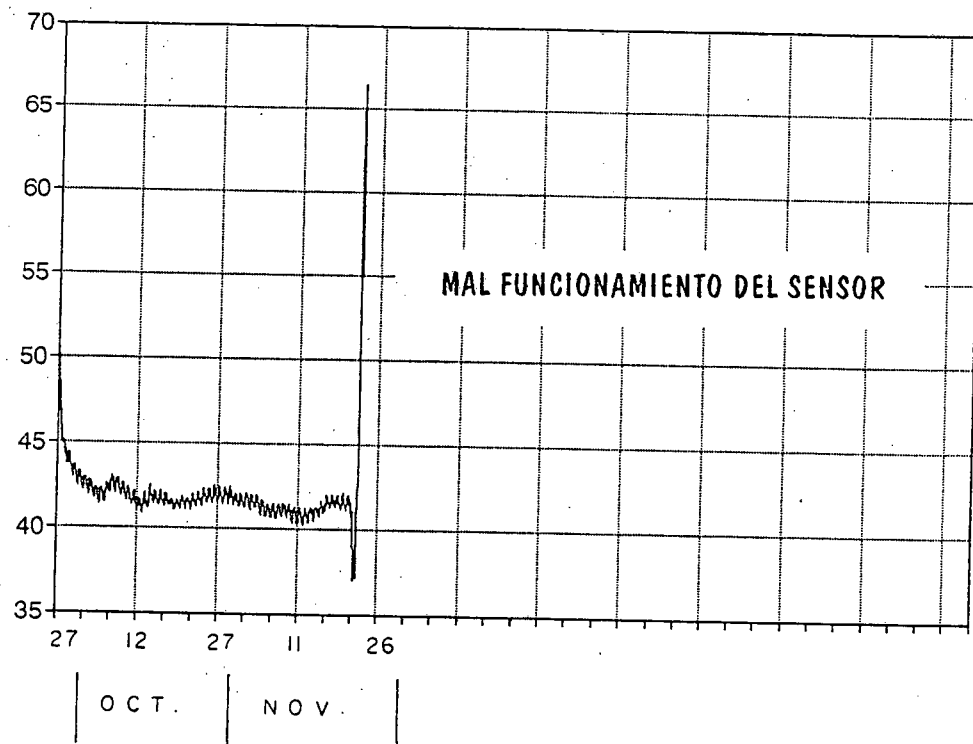


FIGURA 15: Serie de tiempo de valores horarios de la temperatura superficial del Mar (TSM) en la localidad de las Costas de Castillete, Peninsula de la Guajira, Edo. Zulia; durante el lapso Octubre-93 a Noviembre-94.

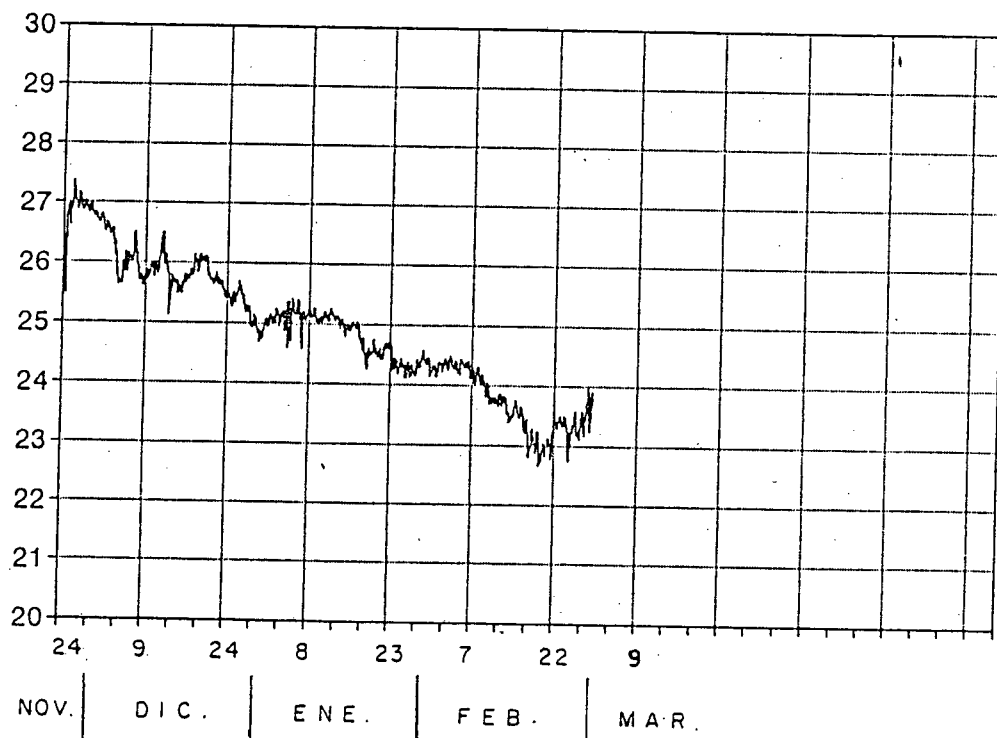


FIGURA 16: Serie de tiempo de valores horarios de la temperatura superficial del Mar (TSM) en la localidad de los Monjes del Sur, Archipelago de los Monjes, Dependencia Federal; durante el lapso Noviembre-93 a Marzo-94.

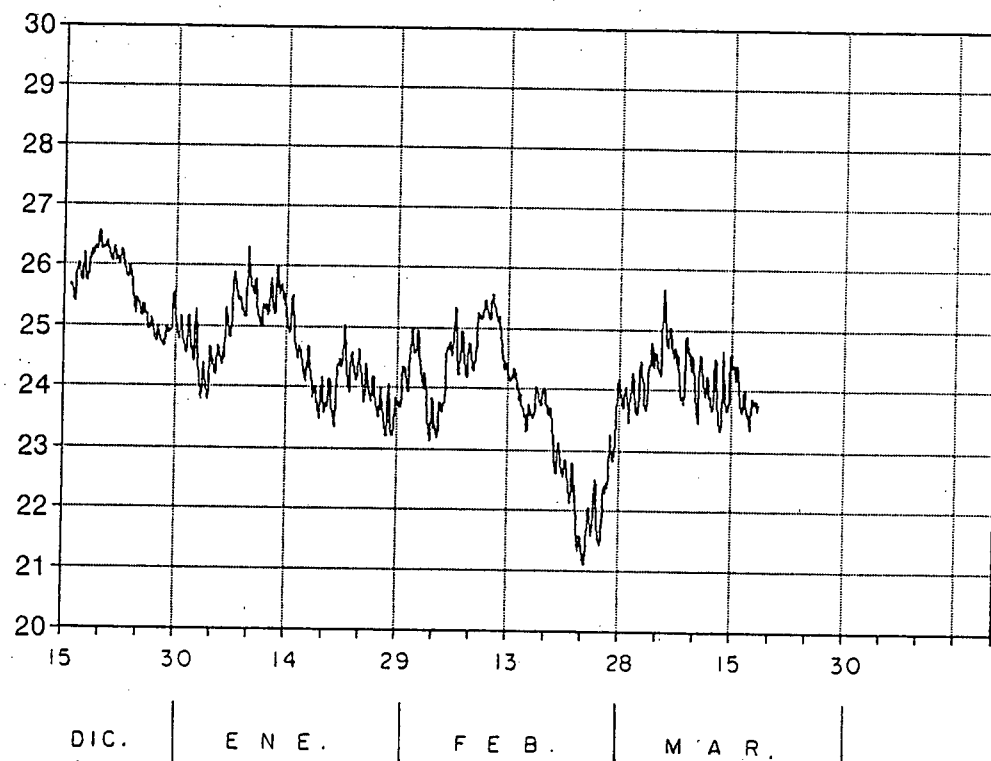


FIGURA 17: Serie de tiempo de valores horarios de la temperatura superficial del Mar (TSM) en la localidad de Puerto Real, Archipiélago de los Frailes, Dependencia Federal; durante el lapso Diciembre-93 a Marzo-94.

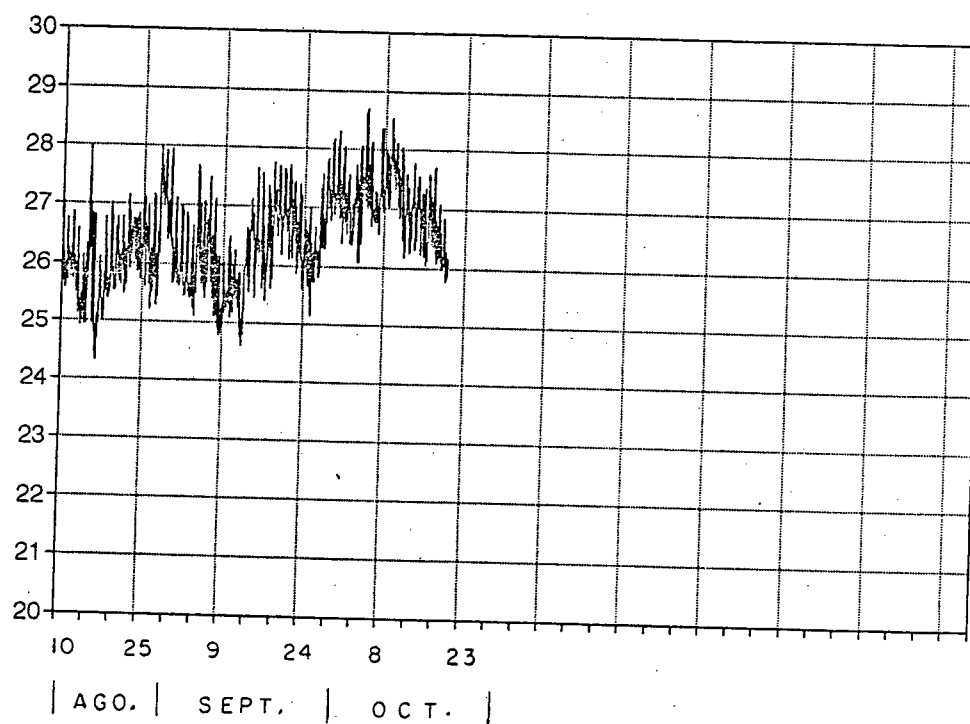


FIGURA 18: Serie de tiempo de valores horarios de la temperatura superficial del Mar (TSM) en la localidad de Punta de Piedra, Isla de Margarita, Edo. Nueva Esparta; durante el lapso Agosto-93 a Octubre-93.

2.3.- MEDICIONES DESDE EL ESPACIO

Otra importante pieza de información a ser presentada por RETMARVEN es la relativa a la posibilidad de detectar vía teledetección una imagen del mar territorial de Venezuela la cual mostrará el patrón de la temperatura superficial del mar. Con este fin el satélite SEAWIFS será lanzado por la NASA en Agosto de 1994 y luego de 3 meses de ajuste orbital , se espera que para NOVIEMBRE de 1994 inicie la emisión de imágenes de temperatura y color de las aguas superficiales de los océanos del mundo. A través de gestiones realizadas en el seno de la Comisión Nacional de Oceanología, se ha conseguido que la NASA permita que instituciones científicas venezolanas, vinculadas al desarrollo de las ciencias marinas, tengan acceso a la información generada vía SEAWIFS.

Un acuerdo entre el Centro de Procesamiento Digital de Imágenes (CPDI) de la Fundación Instituto de Ingeniería (FII) y la Nasa ha propiciado que ya se encuentre instalada una antena receptora en las instalaciones del CPDI en Sartenejas, Barutas desde finales del mes de Diciembre de 1993. Los datos originados por RETMARVEN serán usados para calibrar las imágenes SEAWIFS del margen sur del Mar Caribe.

3.- ALMACENAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

El enorme volumen de datos generados por RETMARVEN y los ya existentes (información histórica) ha obligado a la organización del CENTRO DE DATOS RETMARVEN, el cual se apoya operativamente en una de las tres unidades de trabajo del proyecto: la UNIDAD DE INFORMÁTICA (las restantes son la UNIDAD DE ELECTRÓNICA y la UNIDAD DE BUCEO).

La tabla siguiente muestra el Hardware adquirido para este Centro de Datos.

CANTIDAD	PROCESADOR	ALMACENAMIENTO		VIDEO	IMPRESORA
		DISCO	CINTA		
2	80486 DX2/50	2 x 120 Mb c/u	120 Mb c/u	SVGA	80 COLUMNAS c/u
2	80386 SX/33	44 Mb c/u	X	Mono.	X
1	80386 SX/33	52 Mb	X	VGA/M	BURBUJA
1	80386 SL/25	60 Mb	X	VGA/M	BUR. PORTATIL

Tabla III: Muestra el Hardware disponible en el Centro de Datos.

Las necesidades de crear un software (sistema OCN) que automatice las tareas de almacenamiento y recuperación de la información ha obligado a la ejecución de tres nuevas labores:

- Realizar un censo de la información transcrita y no transcrita, prevista a ser usada en el análisis implícito en el Proyecto RETMARVEN.
- Estandarizar un formato para la transcripción de datos.
- Convertir la masa de datos transcritas al nuevo formato.

Para esta fecha, el censo o inventario de la información ya se ha concluido y el formato estandar para la transcripción de los datos (sistema OCN) ya se encuentra diseñado y a punto de operar.

El resto del año 1994 se dedicará, con el mayor esfuerzo posible, a la labor de convertir la información ya transcrita al nuevo formato. Se prevee utilizar una hoja de cálculo manejada a través de macro instrucciones que facilite la labor de transcripción evitando el mayor número de posibles errores inherentes a este proceso.

4.- PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

4.1.- APLICABILIDAD A LA PESQUERÍAS

Una de las inmediatas aplicabilidades de nuestro Proyecto es la generación de índices de surgencia costera con aprovechamiento en la pesquería de especies pelágicas de gran interés comercial.

La surgencia costera es uno de los fenómenos dinámicos de las aguas nor-orientales con grandes implicaciones socioeconómicas. Es un fenómeno clasificado como producto de la interrelación OCEANO-ATMÓSFERA-MARGEN COSTERO y mediante el cual las aguas superficiales del margen costero nor-oriental del país presentan permanentemente un proceso de fertilización natural. Una combinación de persistencia direccional de los vientos alisios del noreste - soplando sobre un margen costero orientado zonalmente (región peninsular del Edo. Sucre) y limitando al norte con una somera plataforma continental - con una masa de agua local rica en nutrientes en sus aguas sub-superficiales, resulta en afloramiento de nutrientes al estrato más superficial lo cual origina una gran riqueza biológica para la zona. Esto incide positivamente en la pesquería de especies de tremenda importancia económica como la sardina. El parámetro físico indicativo de la ocurrencia de afloramiento de surgencia de aguas sub-superficiales, es la TEMPERATURA del agua superficial, objeto de seguimiento del Proyecto RETMARVEN.

Los expertos en Dinámica de Poblaciones reconocen que existe una gran variabilidad en los stocks de sardinas, así como en la distribución geográfica de las áreas de desove de tan importante recurso. La cuantificación del proceso de la surgencia costera regional, en una escala de tiempo apropiada para la Biología Pesquera, es la clave contribución que nos hemos propuesto desarrollar desde RETMARVEN.

Dado que la surgencia costera en la región está motorizada por el campo local de vientos, resulta evidente reconocer la importancia de la información histórica que está siendo almacenada por el Centro de Datos RETMARVEN en cuanto al régimen de vientos de la región nor-oriental del país, a través de las Estaciones Meteorológicas de BARCELONA, CUMANÁ, CARÚPANO, PORLAMAR, y PUNTA DE PIEDRAS.

El proceso numérico de cuantificación de la surgencia se realizará considerando:

- a) El campo de vientos motorizando el proceso, registrado por las estaciones meteorológicas ya mencionadas.
- b) El campo de temperatura superficial del agua registrado por RETMARVEN en su circuito oriental.

El primer caso (Determinación de ÍNDICES DE SURGENCIA COSTERA a partir del CAMPO de VIENTOS) ha sido tratado para el área de California y Oregón en USA por Andrew Bakun y sus colaboradores y considera como punto de partida el uso del campo de vientos geostróficos como dato de entrada en la generación de los índices. En nuestro caso, dado que debido a la cercanía de la latitud geográfica de nuestra región costera nor-oriental ($\approx 10^\circ\text{N}$) al Ecuador, no resulta práctico utilizar la aproximación geostrófica, usaremos el registro directo de vientos generados por las Estaciones Meteorológicas ya mencionadas.

El segundo caso (Determinación de ÍNDICES DE SURGENCIA COSTERA a partir de registros directos de TEMPERATURA SUPERFICIAL DEL MAR) implica el diseño de un ÍNDICE DE OCURRENCIA, el cual se extrae directamente de la serie de tiempo, al prefijar una "temperatura umbral" como límite de ocurrencia, previo análisis de consideraciones hidrográficas y de atender a registros históricos de aquel parámetro para la región. Además un ÍNDICE DE FORTALEZA del proceso, resultaría directamente extraído de una serie de tiempo construida en función de las ANOMALÍAS del parámetro (valor puntual en el tiempo - valor medio del registro).

En ambos casos se hará una confrontación con datos de captura y esfuerzo provenientes del sector pesquero. Esta confrontación arrojará luces sobre la potencialidad de utilizar el registro de vientos como indicador de surgencia costera, lo que a su vez permitirá establecer la necesidad de mantener o no la recaudación de datos realizada por RETMARVEN con este específico propósito.

El apéndice I ilustra el proceso de cuantificar la surgencia costera según lo discutido en los párrafos anteriores.

4.2.- APLICABILIDAD A LA OCEANOGRAFÍA DESCRIPTIVA REGIONAL

La extensión de los registros recaudados en las Estaciones RETMARVEN, no cubren hasta la fecha, en el mejor de los casos, más de 1 semestre.

Esto niega por ahora la posibilidad de examinar la variabilidad del campo térmico superficial del mar costero venezolano en una escala estacional. Sin embargo, una visión general de los registros permite establecer las siguientes características :

- 1.- Todas las temperaturas observadas caen en el rango 19°C a 30°C. Las mayores temperaturas ($\approx 30^{\circ}\text{C}$) fueron detectadas en la estación ISLA de ZAPARA (Edo. Zulia) en el margen Sur del Golfo de Venezuela para el mes de NOVIEMBRE/93. Las temperaturas más bajas ($\approx 19^{\circ}\text{C}$) se detectaron en las estaciones ISLA de CUBAGUA y BAHÍA del GUAMACHE (Norte de la Península de PARIA) durante el mes de FEBRERO/94.
- 2.- Durante el primer trimestre del año, la tendencia observada es la de un paulatino enfriamiento del estrato superficial, destacándose el paralelismo existente entre los registros recabados en estaciones tan distantes como ARAYA (Edo. Sucre) y AMUAY (Edo. Falcón) con decrecimiento relativo de hasta 5°C en el intervalo de tiempo correspondiente entre OCTUBRE/93 y FEBRERO/94.

Es altamente probable que ambos registros tipifiquen condiciones de surgencia costera estacional para aquellas localidades pues la variabilidad de la temperatura del aire para aquel intervalo de tiempo no muestra una amplitud tan grande en su señal mensual (nunca mayor a 3°C).

- 3.- En cuanto a variabilidad espacial, resulta notorio la ocurrencia de temperaturas más bajas en la región nor-oriental, cuando se comparan las estaciones localizadas en aquella zona con las ubicadas en la región central (LA GUAIRA Y QUIZANDAL) y en la región occidental (CUMAREBO, ADICORA, ISLA DE ZAPARA) del país. Se nota una evidente intensificación de la temperatura superficial del mar a medida que nos desplazamos desde el Este hacia el Oeste de nuestra región costera. De confirmarse la existencia de este gradiente, revelador de intensificación occidental de la temperatura superficial, como propiedad permanente del margen costero - insular de Venezuela, en cuanto a su persistencia temporal, estaríamos en presencia de una clave contribución a la oceanografía descriptiva regional. Resulta obvio que para ello necesitaremos registros de mayor extensión.

4.3.- APLICABILIDAD A LA CLIMATOLOGÍA

En este ámbito se han iniciado trámites para que el CENTRO DE ESTUDIOS AVANZADOS DEL CLIMA TROPICAL (CEACT) de la Universidad de los Andes (ULA) planifique el uso de los datos generados por RETMARVEN y los incorpore a la base de datos que rutinariamente utilizan en su intento por modelar condiciones climáticas en zonas de gran importancia socioeconómica para el país.

Además, se espera confrontar las series de tiempo de temperatura superficial del mar generadas por RETMARVEN con aquellas obtenidas para el parámetro PRECIPITACIÓN LLUVIOSA en zonas de reconocida ocurrencia de anomalías lluviosas.

4.4.- APLICABILIDAD A LA ECOLOGÍA MARINA LOCAL

Evidentemente cada localidad en la que se ha instalado una Estación RETMARVEN ofrece la posibilidad de generar una contribución a la Ecología Marina a nivel doméstico.

En este sentido, resulta muy motivador señalar que principalmente en la región occidental del país, donde existe un notable déficit de información como la registrada por RETMARVEN actualmente se discute el uso de nuestros datos por diversas entidades de distintas naturaleza (Instituto Nacional de Canalizaciones, Universidad del Zulia y Universidad Nacional Experimental Francisco de Miranda):

De particular interés debemos reseñar aquí lo acontecido con la empresa GELES DEL CARIBE (GELCA), la cual ha establecido una granja marina para cultivar macroalgas del género GRACILARIA -fuente de explotación industrial de AGAR- en la Bahía del Guamache, zona norte de la península de Araya y asiento de una estación RETMARVEN.

Bajo una actividad simbiótica, GELCA presta ayuda a RETMARVEN resguardando el sensor y recibe del proyecto la información sobre el campo de temperatura superficial del mar, el cual impacta tremendamente la cosecha de macroalgas en una escala estacional. Se prevee un reporte técnico exclusivamente tratando el impacto de la variabilidad térmica sobre la cosecha de GRACILARIA, cuando al menos se cuente con un año de registro de temperatura bajo la operatividad de RETMARVEN. Mientras tanto, se estudia la posibilidad de aumentar el potencial de monitoreo de la localidad, solicitando a GELCA la recolección de muestras de agua (escala semanal) para el análisis de parámetros HIDROQUÍMICOS (Nutrientes y Clorofila) el cual se realizaría en los Laboratorios del Departamento de Oceanografía del Instituto Oceanográfico de Venezuela (responsable institucional por RETMARVEN).

APÉNDICE

CAMPO LOCAL DE VIENTOS COMO PARÁMETRO
DE ENTRADA PARA LA GENERACIÓN DE ÍNDICES
DE SURGENCIA COSTERA INDUCIDA POR EL VIENTO

CAMPO LOCAL DE VIENTO COMO PARÁMETRO DE ENTRADA PARA LA GENERACIÓN DE ÍNDICES DE SURGENCIA COSTERA INDUCIDA POR EL VIENTO

Todos los reportes sobre la ocurrencia de surgencia costera en el margen sur-oriental del Mar Caribe, invariablemente presentan al régimen imperante de vientos como el mecanismo responsable de aquel fenómeno.

Esto se ha fundamentado en la existencia de correlaciones negativas cualitativamente establecidas entre series de tiempo del componente paralelo a la costa del esfuerzo cortante del viento y de la temperatura del agua costera más superficial. Según Herrera y Febres (1975), estas correlaciones representan una excelente comprobación del origen anemogénico del proceso por lo que recomiendan la posible evaluación del estado de la surgencia regional mediante el análisis de registros eólicos, lo cual podría conducir al diseño de modelos predictivos de fácil aplicación. Con más detalles, Aparicio (1986) encontró altamente significativa estadísticamente la probabilidad de que los parámetros Transporte Costa-Afuera de EKMAN y temperatura del Mar Costero Superficial, en dos (2) localidades (La Guaira y Cumaná) del contorno costero de Venezuela, fuesen negativamente correlacionados linealmente.

Con relación a las variaciones temporales del fenómeno regional de surgencia costera, el análisis a largo plazo del patrón local del esfuerzo cortante del viento a escala regional evidencia la existencia de una marcada persistencia direccional, lo cual refleja el predominio de los vientos Alisios del Este, implicando favorables condiciones durante todo el año para la ocurrencia de surgencia costera en la zona. La notable estacionalidad observada en la magnitud del campo de vientos, se refleja en las variaciones de la fortaleza del régimen de surgencia costera descrito físicamente por el enfriamiento de las aguas superficiales, presentándose una etapa de alta intensidad, correspondiente al trimestre FEBRERO - MARZO - ABRIL (período de máximos vientos) y otra de mínima intensidad, correspondiente al trimestre AGOSTO - SEPTIEMBRE - OCTUBRE (período de mínimos valores en la actividad eólica).

En cuanto a las variaciones espaciales del fenómeno en la zona, éstas no han podido ser bien establecidas debido básicamente a la no existencia de un adecuado programa de monitoreo ambiental a largo plazo y en forma continua, de parámetros claves tales como temperatura del agua superficial.

A la hora de seleccionar el parámetro de entrada en un mecanismo numérico que libere como producto final un índice cuantitativo de la ocurrencia de surgencia costera en el margen sur-oriental del Mar Caribe, es necesario comparar las características del sistema de monitoreo de los dos parámetros claves que intervienen en el problema, bajo la relación causa-

efecto; es decir, el campo de vientos (CAUSA) y el régimen de temperatura en el estrato más superficial del mar costero (EFECTO).

Históricamente, en Venezuela, la detección de ambos parámetros se ha hecho desde tierra.

En el caso del campo de vientos, éste se ha registrado desde 1950, en estaciones meteorológicas costeras operadas por el Servicio de Meteorología de las Fuerzas Aéreas de Venezuela (SMFAV) como Representante Nacional de la Word Meteorological Organization (WMO), bajo los standard de medición dictados por aquella organización. Otras entidades venezolanas participando, a escala nacional en esta recaudación de datos son la Dirección de Hidrografía y Navegación (DHN) de la Armada, la cual opera algunas estaciones meteorológicas sobre la extensa región insular del país y la dirección de Hidrología y Meteorología (DHM) del Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables (MARNR), con varias estaciones climatológicas sobre la región costera. Este conjunto de entidades operando estaciones meteorológicas emplazadas sobre la región costero-insular del país garantizan continuidad en el monitoreo del régimen local de vientos a escala nacional; sin embargo, no parece existir ninguna posibilidad en el futuro inmediato de conseguir registros eólicos continuos directamente sobre el mar.

Con respecto al régimen de temperatura superficial del mar costero de Venezuela, sólo se cuenta con información histórica recaudada por la División de Geodesia del Servicio Autónomo de Geografía y Cartografía Nacional (SAGECAN) del MARNR. Esta entidad opera la red de sensores del nivel relativo medio del mar en Venezuela desde 1945, y en cada una de sus estaciones, recauda a nivel diario una lectura de la temperatura y densidad del agua, más superficial, siguiendo las normativas dictadas por The United States Coast and Geodetic Survey. Lamentablemente, este proceso de mediciones ha sido interrumpido en la mayoría de las estaciones y, hoy en día, sólo en la localidad de La Guaira, sobre el sector central de la costa venezolana, se continúa la recaudación diaria del parámetro Temperatura Superficial del "agua de playa".

En conclusión, una pobre cobertura espacial y una deficiente continuidad en los registros, así como una baja calidad del dato obtenido, prohíben que la Temperatura Superficial del "agua de playa" pueda ser considerada un parámetro de entrada a la hora de intentar cuantificar la ocurrencia de surgencia costera en el margen costero nor-oriental de Venezuela.

Ante esta situación, no hay más alternativa que considerar el campo local de vientos como parámetro de entrada en la determinación de índices numéricos de la surgencia costera en la región que nos interesa.

METODOLOGÍA PARA LA GENERACIÓN DE LOS ÍNDICES DE SURGENCIA COSTERA INDUCIDA POR EL VIENTO.

De acuerdo a lo establecido en la sección anterior, los índices numéricos de la intensidad del proceso de surgencia costera inducida por el viento para la región sur-oriental del Mar Caribe, serán generados a través del calculo del Transporte Superficial costa-afuera de EKMAN, para lo que se usará como parámetro de entrada el campo local de vientos detectado mediante estaciones climatológicas standard ubicadas sobre el margen costero de interés.

La ecuación básica para calcular el Transporte Superficial de EKMAN ($\bar{M}_E$) está dada por:

$$\bar{M}_E = \frac{1}{f} (\bar{\tau} \times \hat{k}) \quad (1)$$

donde :

$\bar{\tau}$: Vector Esfuerzo Cortante del Viento Superficial

$\hat{k}$: Vector UNITARIO dirigido verticalmente

f : Parámetro de CORIOLIS

Resolviendo vectorialmente la ecuación (1), el Transporte Superficial costa-afuera de EKMAN, es decir, el componente $\bar{M}_E$ orientado meridionalmente, está dado por:

$$M_{EY} = \frac{\tau_x}{f} \quad (2)$$

siendo:

M_{EY} : componente meridional del Transporte Superficial de EKMAN

τ_x : componente zonal del ESFUERZO CORTANTE del VIENTO

para calcular τ_x se toma en cuenta la ecuación:

$$\bar{\tau} = \rho_a C_d |\bar{V}_s| \bar{V}_s \quad (3)$$

donde:

ρ_a : Densidad del aire

C_d : Coeficiente de dragado

$\bar{V}_s$: Vector viento superficial

La estimación numérica del esfuerzo cortante del viento ($\bar{\tau}$), según la ecuación (3) presenta cierto rango de incertidumbre, la cual está asociada al valor del parámetro Coeficiente de Dragado (C_d). Este coeficiente es una función de la velocidad del viento y de la estabilidad estática del aire.

La dependencia de C_d con la velocidad del viento ha despertado cierta polémica. Históricamente, la mayoría de los cálculos de $\bar{\tau}$ hechos con propósitos oceanográficos ha hecho uso de una función escalera de C_d con respecto a la intensidad del viento. Desde 1980, sin embargo, un conjunto de estudios (Smith, 1980, Large and Pond, 1981; Wu, 1982; Hsu, 1986, etc) ha demostrado que el incremento de C_d con la velocidad del viento no es tan abrupto. Los resultados de Large and Pond (1981), en particular, fueron basados en el más extenso sistema de observaciones hechos en mar abierto. Estos investigadores concluyeron en que el coeficiente de dragado C_d , a una altura de referencia de 10 m sobre el nivel del mar y bajo condiciones de estabilidad neutral de la columna de aire suprayacente, es independiente de la Estabilidad del aire y sufre un incremento con la velocidad del viento cuando ésta es mayor a 11 m/seg. este resultado puede ser resumido en la siguiente ecuación:

$$10^3 C_{dn} = \begin{cases} 1.2 & ; 4 \leq U_{10} \leq 11 \\ (0.49 + 0.065 U_{10}) & ; 11 \leq U_{10} \leq 25 \end{cases} \quad (4)$$

donde:

ρ_a : Densidad del aire

C_d : Coeficiente de dragado

V_s : Vector viento superficial

En este trabajo se usará la ecuación (4) para la estimación numérica de $\bar{\tau}$ dado por la ecuación (3).

De esta manera, la formulación numérica para calcular los valores de τ_x , a ser usados luego en la generación de los valores de MEY , los cuales a su vez serán utilizados como índices de la intensidad de surgencia costera en nuestra zona de estudio, viene dada por:

$$\tau_x = \begin{cases} 0.00122 \times 1.2 \times 10^{-3} |\bar{V}_s| V_x & ; 4 \leq |\bar{V}_s| \leq 11 \\ 0.00122 \times (0.49 + 0.065 |\bar{V}_s|) \times 10^{-3} |\bar{V}_s| V_x & ; 11 \leq |\bar{V}_s| < 25 \end{cases} \quad (5)$$

Donde hemos asumido que la magnitud del viento ha sido detectada a 10 metros de altura, por lo que hemos reemplazado U_{10} , establecido en la ecuación (4), por $|\bar{V}_s|$, magnitud de la velocidad del viento superficial, tal como es recaudada en las estaciones meteorológicas costeras consideradas.

BIBLIOGRAFÍA

Aparicio Castro, R. 1986

"Upwelling along the southern coastal boundary of the Caribbean Sea: Physical Characterization, variability and regional implications. "Master Thesis Oceanography Department, Florida Institute of Technology. USA.

Aparicio Castro, R.; 1993

"Meteorological and Oceanographic Conditions along the southern coastal boundary of the Caribbean Sea, 1951-1986."

Capítulo 3.2 en "Climatic change in the Intra-Americas Sea".
George Maul, Editor; Edward Arnold, Publisher.

Bakun, A. 1973

Coastal Upwelling Indices, West coast of North America, 1946-71
NOAA Technical Report NMFS SSRF - 671.

Fukoka, J.; 1965

"Coastal upwelling near Venezuela (I). Year to year change of upwelling."

Bol. Inst. Oceanográfico. Univ. Oriente. 4(2): 223-233.

Herrera, L. y Febres-Ortega G.; 1975

"Procesos de Surgencia y de Renovación de aguas en la Fosa de Cariaco,
Mar Caribe". Bol. Inst. Oceanográfico. Univ. Oriente, 14(1): 31-44

