



BIBLIOTECA
FAC. ING.
MARÍTIMA

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

FACULTAD DE INGENIERÍA MARÍTIMA Y CIENCIAS DEL MAR

“PRONÓSTICO DE LA TEMPERATURA SUPERFICIAL DEL MAR POR SATÉLITE Y SU APLICACIÓN A LOS RECURSOS COSTEROS”

TESIS DE GRADO

Previa a la Obtención del Título de:

OCEANÓGRAFO

Presentada por:

JOSÉ GARCÉS V.

GUAYAQUIL - ECUADOR

1997

DECLARACIÓN EXPRESA

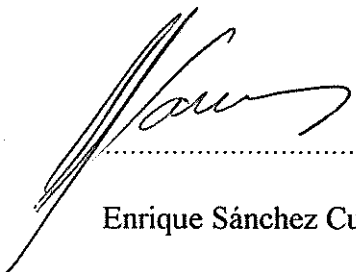
"La responsabilidad por los hechos, ideas y doctrina expuestos en esta tesis, me corresponden exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma, a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL".



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

BIBLIOTECA
FAC. ICG.
MARTINA

.....
José Garcés Vargas

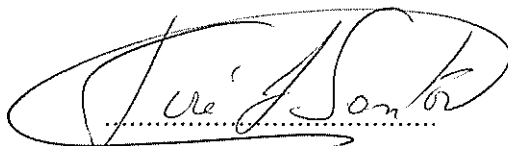


Enrique Sánchez Cuadros, Ing.

Presidente del Tribunal



ESTADO LIBRE ASOCIADO
DE PUERTO RICO
MAY 1952



José Santos Dávila, Ph. D.

Director de Tesis



Jorge Calderón Velásquez, Ph. D.

Miembro del Tribunal

AGRADECIMIENTO



Al Dr. José Luis Santos, Director de tesis, por su apoyo incesante en la elaboración de este trabajo

A la empresa FIESO S.A., en especial a su subgerente Ocean. Gustavo Silva por el apoyo instructivo y económico, así como por el interés en la innovadora investigación.

Al TNFG-UN-OC Rodney Martínez por su predisposición en la terminación de esta tesis.

A mi hermano Juan, por su valiosa ayuda en la culminación del presente trabajo.

DEDICATORIA

A MI MADRE

por el esfuerzo
excepcional que hace
para que siga adelante.

RESUMEN

Se relacionan tres series de tiempo de temperatura superficial del mar correspondiente a las latitudes $00^{\circ}30'$, $01^{\circ}30'$ y $02^{\circ}30'$ sur a lo largo de la misma longitud ($81^{\circ}30'$ oeste) e índices oceánicos (Niño 1+2, Niño 3, Niño 4 y Niño 3.4) provenientes del satélite con valores In Situ de temperatura superficial del mar de la estación costera de Manta y valores de venta de redes de camarón de un establecimiento de La Libertad, estableciéndose correlaciones en forma normal como en anomalías, para luego escoger los mejores resultados y así establecer modelos de regresión lineal y múltiple para el pronóstico de temperatura superficial del mar y venta de redes, así como sus similitudes y diferencias.



BIBLIOTECA
E.S.P. ING.
MANTUA

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	vi
ÍNDICE GENERAL.....	vii
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	x
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xi
ÍNDICE DE TABLAS.....	xiii
ÍNDICE DE ABREVIATURAS.....	xv
INTRODUCCIÓN.....	1
1. ANTECEDENTES.....	4
1.1. Índice de Producción.....	10
1.1.1. ¿Qué es una Red de Trasmallo para Camarón y cómo Funciona?.....	11
1.1.2. Tipos de Embarcaciones.....	12
2. DESCRIPCIÓN GEOGRÁFICA.....	14
3. DESCRIPCIÓN DE LA SERIES.....	16
3.1. Datos In Situ.....	16
3.2. Datos del Satélite.....	16
3.3. Datos sobre Recursos Costeros.....	17
4. METODOLOGÍA.....	19
4.1. Base Teórica	19
4.1.1. Regresión Lineal.....	19

4.2.	Métodos y Pruebas Estadísticas Aplicadas.....	20
4.2.1.	Método de los Mínimos Cuadrados.....	20
4.2.2.	Regresión Múltiple.....	24
4.2.3.	Coeficiente de Determinación R^2	25
4.2.4.	La prueba F.....	26
4.2.5.	La Prueba T-Student.....	27
5.	ANÁLISIS Y RESULTADOS.....	29
5.1.	Primera Parte: Datos In Situ versus Series Satelitales.....	29
5.1.1.	Análisis de Anomalías.....	29
5.1.2.	Análisis de Comparación Mensual de las Series.....	29
5.1.3.	Correlaciones de las Series.....	31
5.1.4.	Correlaciones por Mes de Temperatura.....	32
5.2.	Segunda Parte: Datos de Ventas de Redes versus Serie 02°30'S Satelital.....	33
5.2.1.	Análisis de Comparación Mensual de las Series.....	33
5.2.2.	Correlaciones de las Series.....	33
5.2.3.	Correlaciones por Mes.....	34
5.3.	Tercera Parte: Valores de Ventas de Redes versus Índices Oceánicos.....	35
5.3.1.	Análisis de Comparación Mensual de las Series.....	35
5.3.2.	Correlaciones de las Series.....	35
5.3.3.	Correlaciones por Mes.....	36

5.4. Modelos de Regresión.....	38
5.4.1. La Prueba F y la Prueba t.....	41
6. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	56
BIBLIOGRAFÍA.....	59

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1.- Red de Trasmallo para Camarón.....	13
Gráfico 2.- Localización de las Series.....	15
Gráfico 3.- Localización de los Índices Oceánicos.....	15

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.-	Temperatura Superficial Mensual de las Series.....	47
Figura 2.-	Anomalías de las Series In Situ y Satélites.....	47
Figura 3.-	Temperatura Superficial Promedio del Mar.....	48
Figura 4.-	Temperatura Superficial del Mar. Correlación de las Series con la Serie Manta.....	48
Figura 5.-	Venta de Redes vs. 02°30'S.....	49
Figura 6.-	Anomalías de las Series Redes y 02°30'S.....	49
Figura 7.-	Promedios Mensuales de las Serie Redes y 02°30'S.....	50
Figura 8.-	Correlación de las Serie Redes con la Serie 02°30'S.....	50
Figura 9.-	Venta de Redes vs. Niño 1+2 y Niño 3.....	51
Figura 10.-	Venta de Redes vs. Niño 3.4 y Niño 4.....	51
Figura 11.	Anomalías de las Series Redes, Niño 1+2 y Niño 3.....	51
Figura 12.-	Anomalías de las Series Redes, Niño 3.4 y Niño 4.....	51
Figura 13.-	Promedios Mensuales de las Serie Redes, Niño 1+2 y Niño 3.....	52
Figura 14.-	Promedios Mensuales de las Serie Redes, Niño 3.4 y Niño 4.....	52
Figura 15.-	Correlación de las Serie Redes con la Series Niño 1+2, Niño 3, Niño 3.4 y Niño 4.....	52
Figura 16.-	Modelo de Regresión Lineal (Manta).....	53
Figura 17.-	Modelo de Regresión Lineal (Manta, anomalías).....	53
Figura 18.-	Modelos de Regresión Lineal (Redes: Niño 1+2 y Niño 3).....	54
Figura 19.-	Modelos de Regresión Lineal (Redes: Niño 4 y Niño 3.4).....	54

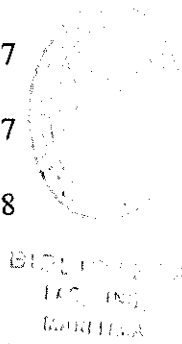


Figura 20.- Modelos de Regresión Lineal (Redes: 02°30'S).....	55
Figura 21.- Modelo de Regresión Múltiple (Redes: Niño 3.4 - 02°30'S).....	55

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla I.-	Coefficientes de Correlación (r), de las Series de Satélite con Manta.....	31
Tabla II.-	Propiedades Estadísticas de las Series de Tiempo (Manta y Satelitales).....	32
Tabla III.-	Coefficientes de Correlación (r), de las Series redes con la serie 02°30'S.....	34
Tabla IV.-	Propiedades Estadísticas de las Series de Tiempo (Redes y 02°30'S).....	34
Tabla V.-	Coefficientes de Correlación (r), de las Series redes con las regiones Niño 1+2, Niño 3, Niño 4 y Niño 3.4.....	36
Tabla VI.-	Propiedades Estadísticas de los Índices Oceánicos	37
Tabla VII.-	Modelos de Predicción de Temperatura Superficial (Regresión Simple).....	40
Tabla VIII.-	Modelos de Predicción de Unidades de Redes (Regresión Simple).....	40
Tabla IX.-	Modelos de Predicción de Unidades de Redes (Regresión Múltiple).....	41
Tabla X.-	Modelos de Predicción de Unidades de Redes (Regresión Simple y Múltiple).....	41
Tabla XI.-	Pruebas F y t-student para los Modelos de Predicción de Temperatura Superficial (Regresión Simple).....	42

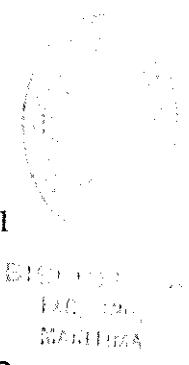


Tabla XII.- Pruebas F y t-student para los Modelos de Predicción de Unidades de Redes (Regresión Simple).....	43
Tabla XIII.- Pruebas F y t-student para los Modelos de Predicción de Unidades de Redes (Regresión Múltiple).....	44
Tabla XIV.- Pruebas F y t-student para los Modelos de Predicción de Unidades de Redes.....	44
Tabla XV.- Mejores Modelos de Predicción de Temperatura Superficial (Regresión Simple).....	45
Tabla XVI.- Mejores Modelos de Predicción de Unidades de Redes (Regresión Simple y Múltiple).....	46

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

AVHRR	:	Radiómetro Avanzado de Alta Resolución
CLIRSEN	:	Centro de Levantamiento Integrado de Recursos Naturales por Sensores Remotos
cm.	:	centímetros
COEF.	:	Coefficiente
CORREL	:	Correlación
E.	:	Este
ECLIMA	:	Estudios Climáticos Aplicados
ENSO	:	El Niño Oscilación-Sur
ESPOL	:	Escuela Superior Politécnica del Litoral
FIESO	:	
Fig.	:	Figura
FIMCM	:	la Facultad de Ingeniería Marítima y Ciencias del Mar
INAMHI	:	Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología
INOCAR	:	Instituto Oceanográfico de la Armada
INP	:	Instituto Nacional de Pesca
m.	:	metros
mm.	:	milímetros
NASA	:	National Aeronautics and Space Administration
NOAA	:	National Oceanographic Aeronautics Administration
O.	:	Oeste

°C	:	Grados Centígrados
S.	:	Sur
SEC	:	Errores Elevados al Cuadrado
SUP.	:	Superficial
TEMP.	:	Temperatura
ZCIT	:	Zona de Convergencia Intertropical

LIBRERIA
C. I. V. I.
Mérida

INTRODUCCIÓN

Uno de los principales problemas que ha tenido el hombre es descifrar los misterios de la naturaleza y por ello ha trabajado incesantemente para poder entenderlos y obtener el mayor provecho posible. Es así que han nacido las diferentes ciencias cuyo fin es investigar y descubrir la manera más fácil y adecuada para el hombre de convivir con el entorno que lo rodea.

Una de las formas de las que se ha valido el hombre para poder investigar su entorno y de esta manera sacarle el mayor provecho, son los satélites artificiales los que han ampliado considerablemente las fronteras del conocimiento humano.

Es de conocimiento de las personas lo difícil que es pronosticar un terremoto, cuándo lloverá, la ocurrencia de un maremoto, de un huracán, de un tornado o del evento El Niño por nombrar unos cuantos. Para poder prever cualquiera de estos eventos el hombre ha utilizado datos, los cuales han sido recopilados In Situ y en forma remota por medio de satélites. Mucho se ha trabajado para perfeccionar los sensores de los satélites para que den una medida que esté lo más cerca al valor real del parámetro físico que quiera estudiarse para de esta manera obtener una base de datos lo más confiable posible.

Una de las instituciones que más ha trabajado en pronósticos océano-atmosféricos es la National Oceanographic Aeronautics Administration (NOAA) y una

de sus herramientas más importantes para la obtención de datos son los satélites artificiales. La NOAA ha desarrollado muchos modelos de predicción pero todavía se trabaja en estudiar la diversas interrelaciones oceánicas, atmosféricas y ambientales para mejorar y desarrollar nuevos modelos.

El Ecuador tiene por lo menos 15 años coordinando programas de prevención climática, organizando el trabajo de diversas instituciones gubernamentales y universidades para poder beneficiarse de las condiciones “anormales” o atenuar de algún modo los efectos adversos, pero ha tenido problemas con el acceso a información global, superados últimamente con el uso de Internet; entre esas instituciones tenemos a la Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL), el Instituto Oceanográfico de la Armada (INOCAR), el Instituto Nacional de Pesca (INP), el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI) y el Centro de Levantamiento Integrado de Recursos Naturales por Sensores Remotos (CLIRSEN).

Estos programas de prevención climática son de vital importancia para el Ecuador ya que al prever situaciones anómalas se podrá tomar las acciones necesarias para precautelar la producción de fuentes de divisas tan importantes como son las obtenidos por las pesquerías y acuicultura, además de ello son el sustento diario de muchas familias que reciben algún tipo de beneficio ya sea directa o indirectamente.

Como se ha mencionado es muy importante poder predecir eventos anómalos pero también poder prever cambios pequeños en parámetros como salinidad,

temperatura, por citarlos como ejemplos en los que un pequeño aumento o disminución pueden ser la principal causa de mortandad de ciertas especies.

Sabemos que existe una interrelación entre las diferentes especies y las condiciones ambientales, lo importante es saber bajo qué condiciones las especies se encuentran lo mejor posible para poder obtener la mayor productividad factible y así de esta manera lograr la mayor rentabilidad, los pronósticos irían encaminados a poder predecir estas condiciones.

1. ANTECEDENTES

Gran cantidad de estudios meteorológicos establecen que cambios de los estados meteorológicos a gran escala espacial en periodos que van desde semanas hasta algunos años, guardan una relación significativa con los cambios en la distribución de temperatura de las capas superficiales del mar. Ya que el mar reacciona más lentamente que el aire, las observaciones de aquello son las pautas para inferir predicciones mejores a largo plazo del tiempo de la estrecha relación océano-atmósfera.

Las predicciones que hasta ahora hemos obtenido son muy deficientes todavía y la anticipación de eventos anómalos nos sería de gran ayuda por los grandes beneficios económicos que obtendríamos entre los que podríamos nombrar: en agricultura; preparación de suelos, siembra, crecimiento, manejo, cosecha, almacenaje, transporte, mercadeo, etc.; en la producción de combustibles; en la mejor organización de la obtención de carbón, petróleo y gas natural, de las operaciones de refinación de petróleo, de su transporte por oleoducto, por ferrocarril y por barco, y de su almacenamiento; en el campo de la construcción, se podría programar la mejor época de construcción de edificios, carreteras, oleoductos, represas y obras públicas en general; está claro que se podrían ahorrar miles de millones de dólares si tuviéramos mejores pronósticos del tiempo.

Uno de los eventos que tal vez más se ha estudiado en oceanografía en los últimos 13 años, por las grandes secuelas económicas que ha dejado en diversas regiones del planeta es el evento "El Niño Oscilación-Sur" (ENSO) en donde se ha avanzado excepcionalmente logrando modelos océano-atmósfera, que permiten pronosticar con un grado de confiabilidad dicho evento con hasta un año de anticipación.

Entre los trabajos más interesantes que se han realizado para poder predecir lluvias o sequías y con ello poder realizar las previsiones del caso, utilizando temperatura superficial del mar es el realizado en Sudáfrica por Mark A. Cane, Gidon Eshel y R. W. Buckland (1.994), quienes obtuvieron altas correlaciones entre el Índice del Niño, lluvias y cantidad obtenida de maíz en los campos de Zimbabwe, el modelo que se utilizó fue el de Zebiak y Cane que fue usado para predecir el ENSO desde 1985, la metodología empleada fue, dada la información necesaria para el modelo para un mes en particular, usar esta predicción para las anomalías del Niño 3 y la temperatura superficial del mar para los meses siguientes. Las mediciones o investigaciones del valor del Niño 3 son luego usados como un predictor de los campos de maíz y las lluvias.

Podemos también mencionar otro que se realizó en el sur de la isla Vancouver, British Columbia, Canadá por Clifford L. K. Robinson (1.994), el cual evaluó la influencia de la variabilidad oceánica en la producción de peces y plancton en sistemas de afloramientos costeros utilizando un modelo tropodinámico para predecir la

producción de peces y plancton como un estimado de los patrones estacionales empíricos de afloramientos, de temperatura superficial del mar, radiación solar y la biomasa de las merluzas y arenques del Pacífico.

Así mismo se han hecho estudios preliminares en el Observatorio de la Universidad de Columbia, en donde se halló una correlación representativa entre la Temperatura Costera del Mar de la estación oceanográfica y meteorológica de Salinas (Ecuador) y el índice de productividad marina, Silva (1.995), proveniente de la lectura de clorofila suministrada por el satélite NIMBUS-7 de la NASA (National Aeronautics and Space Administration). Igualmente fue estadísticamente evaluada por el modelo de Cane & Zebiak usando una distribución binomial.

Del mismo modo un estudio realizado por Cornejo-Rodríguez, et. al. (1.993), en una estación fija de Manglaralto (Santa Elena, Ecuador) tomando una base de datos de dos años (Diciembre 1.990 - Septiembre 1.992) de temperatura, salinidad, dirección y velocidad del viento en una zona de rompiente de playa arenosa comprueba el cambio en la cantidad y distribución de larvas y postlarvas, y al mismo tiempo deja la pauta para futuros trabajos en la predicción de este suceso.

Cabría destacar que tanto la atmósfera arriba de nosotros como el océano debajo son un conjunto interdependiente de una inmensa máquina de vapor, que trabaja llevando energía calórica desde bajas latitudes hacia las altas, donde es diseminada hacia el espacio. Una gran mayoría de la energía del aire se adiciona por la

condensación del vapor de agua evaporado en la superficie del mar y una gran mayoría del resto se traslada como calor sensible desde el océano “caliente” al aire “frío”. La evaporación y el calentamiento varían en el océano y a lo largo de las diversas latitudes. Son máximos cuando la nubosidad es mínima y en lugares donde el gradiente entre la temperatura del mar y el aire es grande.

Los lugares en donde existen los máximos gradientes de temperatura entre la superficie del mar y el aire, cambian constantemente de lugar y su fuerza varía con el tiempo. De manera semejante, las zonas donde se inician las tormentas y el movimiento de aquellas parecen cambiar conforme las alteraciones de la temperatura de las capas superficiales del océano. A consecuencia del calor específico y a su gran inercia térmica, el mar sólo puede transformarse paulatinamente con el tiempo. Las condiciones meteorológicas continuas a lo largo de semanas y años, puede deberse a la inercia mencionada.

Los pronósticos meteorológicos dependen en gran medida, de que podamos vaticinar los estados meteorológicos persistentes. Ya que estos estados dependen de las condiciones dominantes del océano, es necesario conocer con mayor exactitud la interacción a gran escala entre el océano y la atmósfera.

Muchos estudios muestran que las anomalías de la circulación atmosférica provocan anomalías en la temperatura superficial del mar. Así, al fortalecerse los vientos fríos hay un aumento de transferencia de calor sensible y latente del océano a

la atmósfera y un incremento de la mezcla de las capas superficiales del mar que provocan la disminución de la temperatura superficial del mar. Los procesos mediante los cuales la temperatura superficial del mar vuelve a su valor promedio suceden debido al aumento pausado de las corrientes oceánicas cercanas a la superficie que se trasladan hacia los polos. La gran interrogante es saber la condición y la medida de los cambios en la distribución de las densidades en el mar que ocasionan estas corrientes hacia los polos.

Es necesario una gran colaboración entre oceanógrafos y meteorólogos para así poder fusionar series de tiempo hechas en las capas superficiales del océano e información de nubosidad, vientos y la distribución de temperatura atmosférica sobre los océanos.

Nuestro país es una de las áreas más ricas en nutrientes del mundo es por ello que existen un sinnúmero de especies marinas repartidas a lo largo de la costa ecuatoriana, lo cual ha dado lugar a que múltiples empresas se apoyen en ello, entre ellas, la industria camaronera, una de las más significativas.

Es conocido que en nuestro país se cultiva el camarón a lo largo de costa, concentrándose la gran mayoría en la zona del Golfo de Guayaquil; una de las especies más cultivadas es el *Penaeus Vannamei*.

En el Ecuador la producción de camarón se encuentra repartida en dos sectores, el pesquero (industrial y artesanal) y el camaronero, siendo este último el más representativo en cuanto a exportaciones y por tanto de generación de divisas para el país.

Las variaciones climáticas ya sean naturales o artificiales afectan de manera directa el aprovisionamiento y calidad de postlarvas, siendo estas variaciones las causas de que la industria del camarón se vea perjudicada o beneficiada, como un ejemplo evidente podemos mencionar el evento ENSO.

Se sabe que el evento ENSO, el cual produce un aumento en la temperatura del agua entre otras cosas, es beneficioso por cuanto hay un aumento significativo en la reproducción lo que se ve incrementado con las lluvias, ello se debe a una exuberancia de postlarvas; durante eventos “fríos” como La Niña (El Viejo) sucede todo lo contrario, hay una desabastecimiento de postlarvas.

Es por demás sabido que los laboratorios de larvas necesitan de la hembra ovada (grávida) para poder abastecerse de larvas para su posterior comercialización. Esta hembra ovada es capturada por pescadores artesanales, que salen en sus pequeñas embarcaciones en pos de encontrar esta hembra por medio de redes.

El país necesita de trabajos que realcen el lazo entre el exceso y la deficiencia de postlarvas y los cambios climáticos para de esta manera poder realizar modelos de pronósticos que conllevarían a una mejor prevención de las pérdidas económicas.

Es muy importante saber la cantidad de larvas de camarón que se encuentran disponibles, por ejemplo en un año, para determinar las medidas que se deberían de adoptar para optimizar los costos de producción; de ellos dependería la rentabilidad de la industria.

El Ecuador es uno de los países más afectados por los cambios climáticos, es por ello que se debe realizar todo esfuerzo para realizar pronósticos que si bien es cierto no solucionan los problemas, pero si nos preparan para tomar medidas precautelatorias que mermen en algo los daños que podría causar.

1.1. ÍNDICE DE PRODUCCIÓN

Debido a lo importante que es conocer el número de hembras ovadas que se encuentran disponibles (se establecería la cantidad de larvas), y ya que no existe ningún registro directo de dicho parámetro, es necesario utilizar índices que nos permitan inferir de alguna manera el comportamiento del parámetro que se desea estudiar, en este caso se utilizó una serie de tiempo de venta de redes utilizada en la captura de estas hembras ovadas como un indicador de su disponibilidad. Esta serie de

tiempo se utilizará para comprobar si la cantidad de hembras ovadas reacciona a los cambios de temperatura superficial que se dan a lo largo del tiempo.

RED DE TRASMALLO PARA PESCA ARTESANAL DEL CAMARÓN

1.1.1. ¿Qué es una Red de Trasmallo para Camarón y cómo Funciona?

Una red de trasmallo captura a los camarones que ingresan en ella. Tiene una cuerda de corchos y de plomos en su parte superior e inferior respectivamente. La cuerda de plomos la mantiene en el fondo y se cala en un lugar con pesos en uno y otro extremo, la red queda verticalmente en forma de valla (ver gráfico 1).

La red captura a los camarones los cuales se enredan en ella. Los camarones se enredan al no ver los paños de redes los cuales son muy finos.

Para confeccionar una red de trasmallo se utilizan los siguientes materiales: un paño de red de 1,40 m. de largo por un metro de alto, el tamaño del ojo (malla) de la red es de 2 pulgadas, 35 m. de cuerda de 1/4 y 3/8, 60 flotadores de 3 cm. de diámetro aproximadamente, 75 plomos de 2 cm. (8 de ellos hacen una libra), y 2 libras de hilo de nylon de 2,4 mm. Para fondear la red se necesitará de piedras de 5 libras de peso, 2 boyas grandes. De la misma forma se precisará de agujas de redero, un cuchillo y postes para suspender la red mientras se la arma. Para pescar camarón se unen de 15 a 20 redes camaroneras. La duración de una red va de acuerdo al uso siendo el promedio de duración si se la utiliza 5 veces a la semana de 2 a 3 meses, siempre y

cuando no atrape jaibas, las cuales la rompen. El costo de estas redes varía según la calidad de las mismas fluctuando entre 9 y 11 dólares aproximadamente (costo al pescador).

1.1.2. Tipos de Embarcaciones

Las embarcaciones que se utilizan para la pesca artesanal del camarón son de diversos tamaños, siendo las más utilizadas las de madera que miden alrededor de 4 m. de largo por 1,20 m. de ancho, las de madera revestidas de fibra de vidrio de las mismas dimensiones que las anteriores y las de fibra de vidrio de 6 m. de largo por 1 metro de ancho. Todas ellas con motor fuera de borda de 30 a 40 caballos de fuerza.

En la Península de Santa Elena se pesca camarón (en su mayoría *Penaeus vannamei*) a una profundidad de 12 a 30 metros y a una distancia de 1 a 1,5 Km. de la playa, usando para ello aproximadamente 4 galones de gasolina para ir y venir. En una embarcación van de 2 a 3 personas, saliendo de la playa de 14h00 a 15h00 y regresando a las 19h30 aproximadamente, calando e izando la red una sola vez.

La presente tesis se enmarca dentro del desarrollo del programa de Investigación titulado “Estudios Climáticos Aplicados” (ECLIMA) de la Facultad de Ingeniería Marítima y Ciencias del Mar (FIMCM) que tiene previsto el uso de datos provenientes de sensores remotos en Oceanografía con el objeto de estudiar la variabilidad climática y su impacto en el ecosistema, este tema es uno de ellos.

El objetivo general es el obtener modelos lineales para poder pronosticar la temperatura superficial del mar en base a valores proporcionados por satélite y valores In Situ, utilizando técnicas estadísticas.

Como objetivo secundario esta optimizar la producción de un laboratorio de larvas aplicando modelos de regresión lineal obtenidos, basados en la premisa de una alta correlación entre la temperatura superficial del mar y la disponibilidad de las camaronas ovadas (grávida).

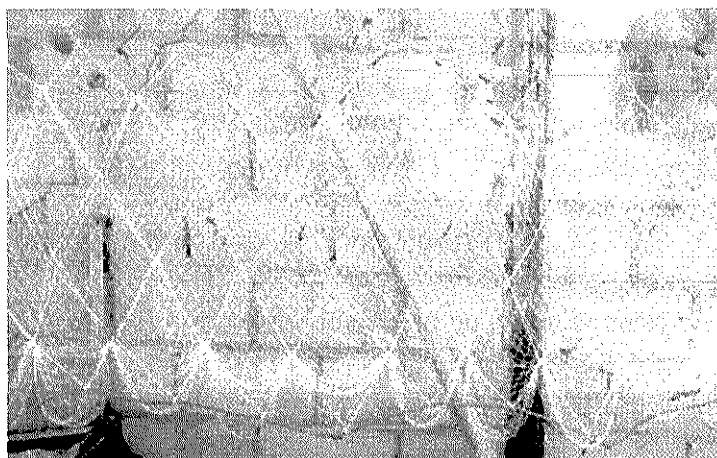


GRÁFICO 1.- Red de Trasmallo para Camarón

2. DESCRIPCIÓN GEOGRÁFICA

La información utilizada en el presente trabajo representa datos provenientes de satélites de la NOAA utilizando el sensor llamado Radiómetro Avanzado de Alta Resolución (AVHRR, siglas en inglés), obtenidos mediante la red Internet, unidades de venta de redes camaroneras de un establecimiento ubicado en La Libertad (Península de Santa Elena) y datos In Situ de Temperatura Superficial del Mar proporcionados por el INOCAR.

Los datos de satélite corresponden a tres puntos ubicados a lo largo de la longitud ($81^{\circ}30'$ oeste) en las latitudes $00^{\circ}30'$, $01^{\circ}30'$ y $02^{\circ}30'$ sur; además temperatura superficial promedio de las regiones Niño 1+2 (longitud 90-80O, latitud 0-10S), Niño 3 (longitud 150-90O, latitud 5N-5S), Niño 4 (longitud 160E-150O, latitud 5N-5S) y Niño 3.4 (longitud 170O-120O, latitud 5N-5S), llamados índices oceánicos, los valores In Situ corresponden a un punto en la costa ecuatoriana $00^{\circ}56'$ latitud sur y $80^{\circ}44'$ longitud oeste (estación meteorológica y oceanográfica de Manta, (ver gráficos 2 y 3). Los valores de venta de redes se podría decir que son representativos de la zona peninsular por ser éste establecimiento uno de los principales proveedores de las mencionadas redes camaroneras.

Debido a que las series de tiempo de temperatura superficial del mar proporcionadas por la NOAA (puntos fijos) se encuentran espacialmente separados 1° de latitud como de longitud se escogió los más cercanos a la estación Manta y a la Península de Santa Elena.

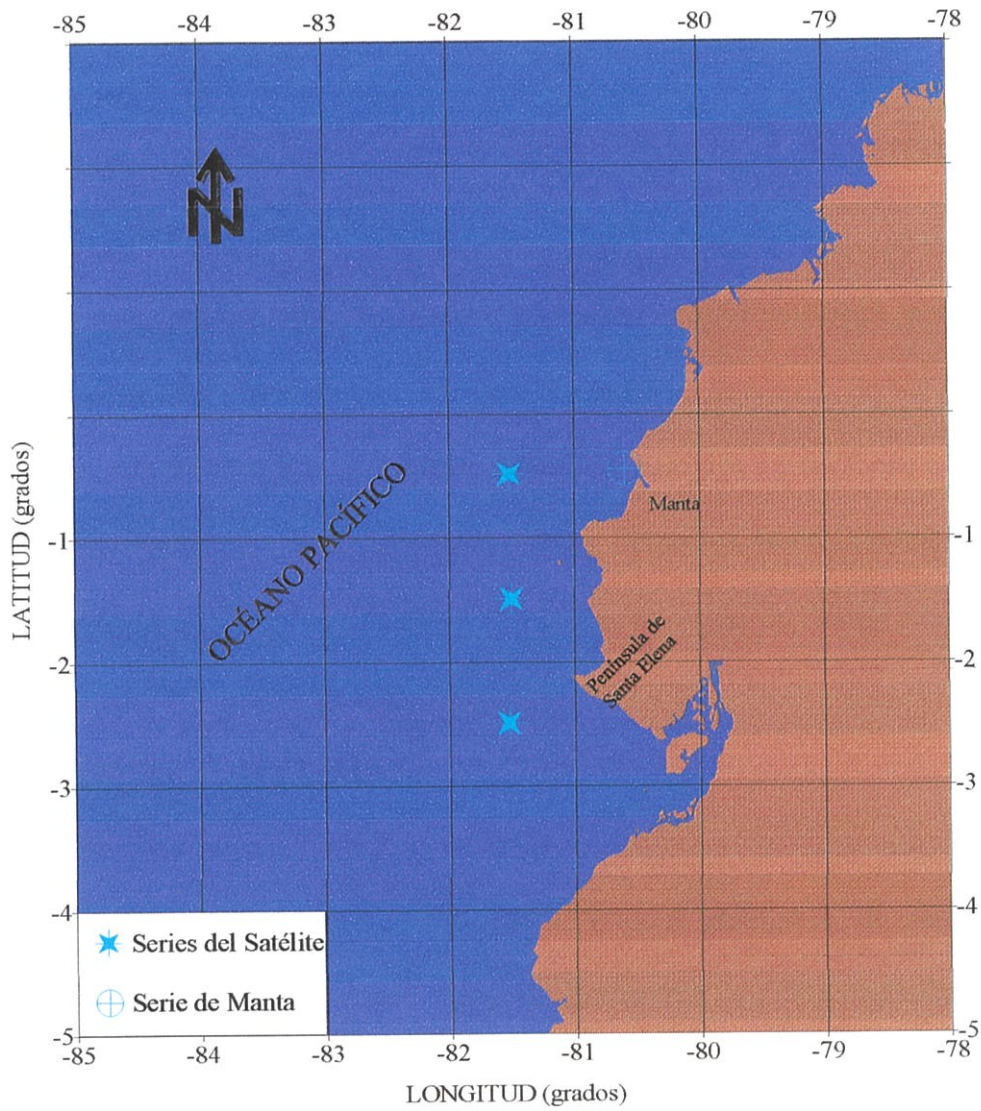


Gráfico 2.- Localización de las Series

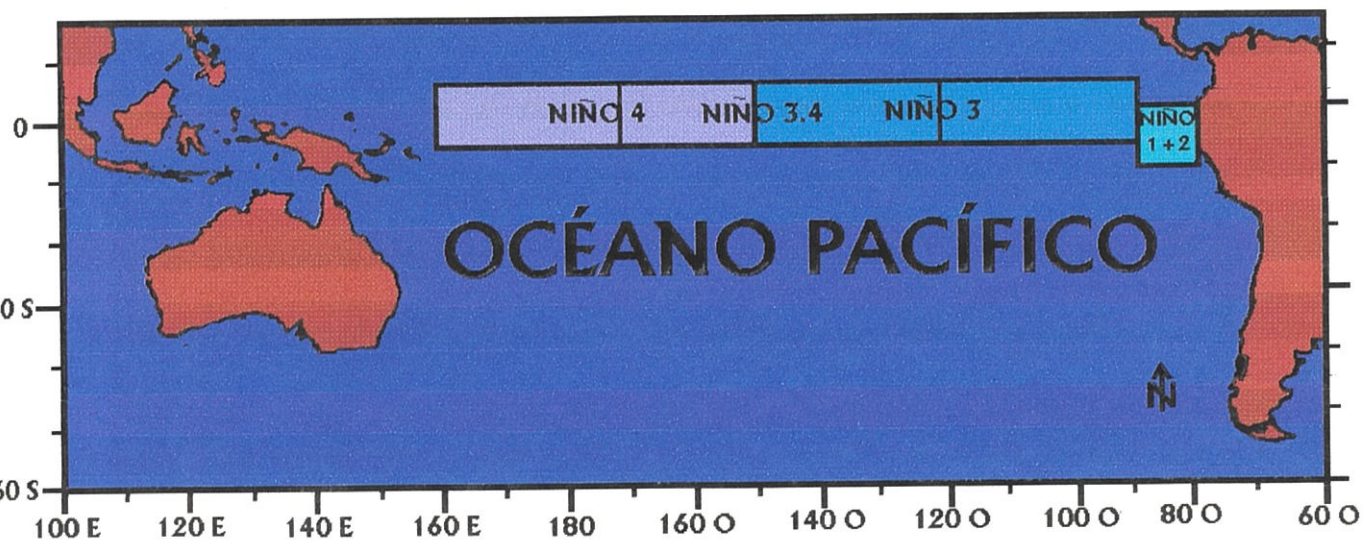


Gráfico 3.- Localización de los Índices Oceánicos

3. DESCRIPCIÓN DE LA SERIES

3.1. DATOS IN SITU

Se escogió la estación meteorológica y oceanográfica de Manta, por tener la mayor cantidad de datos mensuales continuos, de todas las estaciones oceanográficas a lo largo de la costa ecuatoriana. La serie de tiempo escogida corresponde a datos de promedio mensual temperatura superficial del mar obtenidos desde Octubre de 1.974 hasta Octubre de 1.995 (252 valores).

3.2. DATOS DEL SATÉLITE

Las series escogidas corresponden a valores promedios de temperatura superficial del mar mensuales desde el mes de Noviembre de 1.981 hasta Octubre de 1.995 (166 valores, en los sitios específicos, ver gráfico 2).

Como se puede apreciar las series de tiempo obtenidas del satélite (puntos fijos) son más cortas que la de In Situ, por lo que no se podría hacer una comparación valedera; por ello se tuvo que realizar el análisis desde Marzo de 1.982 a Octubre de 1.995 (Fig. 1). De la misma forma se tuvo que acortar la serie satelital 02°30'S para poder relacionarla con la serie de venta de redes comenzando entonces en Abril de 1.987 y terminando en Octubre de 1.995 (Fig. 5), ello mismo se realizó con los

valores promedios de temperatura superficial de las regiones del Niño 1+2 (Fig. 9), Niño 3 (Fig. 9), Niño 4 (Fig. 10) y Niño 3.4 (Fig. 10) .

No se trabajó desde el mes de Noviembre de 1.981 en el caso de las serie In Situ relacionadas con las series satelitales debido a que la serie de la estación Manta estaba incompleta en los meses de Diciembre de 1.981 y Enero-Febrero de 1.982. Se prefirió realizar ello ya que eran valores iniciales seguidos faltante de las serie de Manta.

3.3. DATOS SOBRE RECURSOS COSTEROS

Se escogió la serie de tiempo de venta de redes para pesca de camarón de un establecimiento de La Libertad como un indicador de la cantidad de hembras ovadas que se captura en la zona de la Península de Santa Elena, ya que no existen registros de la cuantía de aquellas hembras.

La serie de tiempo corresponde a unidades de redes vendidas en cada mes desde Abril de 1.987 hasta Octubre de 1.995 (103 valores).

Para realizar el análisis de los datos se trabajó en tres partes, relacionando los datos In Situ con los proporcionados por el satélite, los datos de venta de redes de camarón con los datos del satélite correspondientes a 02°30'S (se escogió esta serie satelital por estar más cerca a las costas de la Península de Santa Elena y porque se

presenta la mayor correlación) y los valores de venta de redes de camarón versus valores promedios de temperatura superficial de las regiones del Niño 1+2, Niño 3, Niño 4 y Niño 3.4.

4. METODOLOGÍA

4.1 BASE TEÓRICA

4.1.1 Regresión Lineal

Uno de los problemas que todo investigador se ha enfrentado, es saber si existe alguna relación entre los diferentes parámetros que trata de estudiar y si tal vez existen otros que ayuden de alguna manera a resolver el problema.

Es así que nacieron los modelos determinísticos, los cuales suponen una relación idéntica entre variables, pero como nada en la naturaleza es perfecto, siempre existe algún margen de error, surgieron entonces los modelos probabilísticos, los cuales toman en cuenta la componente determinista y la componente de error aleatorio.

Una de las formas más sencillas de un modelo probabilístico es hacer inferencias referente al promedio de Y que es $E(Y)$, cuando

$$E(Y) = \mu$$

donde μ es una constante.

Ello no significa que Y sea exactamente a μ sino que existe un error aleatorio que se le suma o se resta a μ . Si se infiere que Y se distribuye normalmente con promedio μ y varianza σ^2 , el modelo probabilístico sería

$$Y = \mu + \varepsilon$$

en donde el componente aleatorio ε se distribuye normalmente con promedio 0 y la varianza σ^2 .

La determinación de un modelo de regresión lineal conlleva cinco pasos:

1. Imaginar la forma que tiene el promedio $E(Y)$.
2. Recabar valores de muestra y usarlos para inferir los parámetros ignorados.
3. Determinar la distribución de probabilidad de ε , la componente aleatoria del error, e inferir todos los parámetros ignorados de esta distribución.
4. Confirmar estadísticamente la adaptación del modelo.

Una vez conforme con el modelo, se lo puede utilizar para predicciones, pronósticos, previsiones, etc.

4.2. MÉTODOS Y PRUEBAS ESTADÍSTICAS APLICADAS

4.2.1. Método de los Mínimos Cuadrados

Como suposición, se considera que el modelo posee la forma

$$Y = \mu + \varepsilon$$

y se quiere utilizar los valores de la muestra para determinar μ . El procedimiento de regresión lineal usa el método de los mínimos cuadrados que consiste en determinar la recta que mejor se acopla a sus valores, ello se logra al elegir el estimador que hace ínfima la adición de los Errores Elevados al Cuadrado (SEC).

En otras palabras, se selecciona el estimador \hat{u} tal que

$$SEC = \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{u})^2$$

se minimice. El estimador se lo obtiene derivando a SEC con referencia a \hat{u} e igualando a cero, para posteriormente despejar \hat{u} . Así,

$$\frac{d(SEC)}{d\hat{u}} = -2 \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{u}) = 0$$

Despejando \hat{u} , entonces obtenemos:

$$\hat{u} = \frac{\sum_{i=1}^n y_i}{n} = \bar{y}$$

Consecuentemente, el promedio muestral \bar{Y} es el estimador que minimiza la adición de los errores elevados al cuadrado, y se lo denomina estimador de μ para cuadrados mínimos.

Se presume un modelo probabilístico de línea recta, la ecuación de la recta es:

$$y = mx + b$$

Si se utilizan los valores de la muestra para evaluar la ordenada en el origen b y la pendiente m . Se usa igual precepto para evaluar b y m en el modelo de línea recta como también para evaluar a μ en el modelo de promedio constante: el procedimiento de los cuadrados mínimos. Consiguientemente, se elige la estimación

$$\hat{y} = \hat{m}x + \hat{b}$$

Así que

$$SEC = \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y})^2 = \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{m}x_i - \hat{b})^2$$

se minimice. Se deriva SEC en referencia a \hat{m} y \hat{b} , se igualan los resultados a cero y se despeja \hat{m} y \hat{b}

$$\frac{d(SEC)}{d\hat{m}} = -2 \sum_{i=1}^n x_i (y_i - \hat{m}x_i - \hat{b}) = 0$$

$$\frac{d(SEC)}{d\hat{b}} = -2 \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{m}x_i - \hat{b}) = 0$$

y el resultado es

$$\hat{m} = \bar{y} - \hat{b}\bar{x}$$

$$\hat{m} = \frac{n - \left(\sum_{i=1}^n x_i y_i\right) \left(\sum_{i=1}^n x_i\right) \left(\sum_{i=1}^n y_i\right)}{n \left(\sum_{i=1}^n (x_i^2)\right) - \left(\sum_{i=1}^n x_i\right)^2}$$

$$\hat{b} = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} = \frac{SS_{xy}}{SS_{xx}}$$

o también

$$\hat{b} = \frac{\left(\sum_{i=1}^n y_i\right) \left(\sum_{i=1}^n (x_i^2)\right) - \left(\sum_{i=1}^n x_i\right) \left(\sum_{i=1}^n x_i y_i\right)}{n \left(\sum_{i=1}^n (x_i^2)\right) - \left(\sum_{i=1}^n x_i\right)^2}$$

Hay que resaltar que los valores de \hat{m} y \hat{b} corresponden al modelo en que sólo hay una variable independiente x .

Es importante saber que cuanto más lineales sean las relaciones entre los valores, mayor exactitud habrá en el modelo de predicción de los mínimos cuadrados, ya que el método escoge la menor diferencia entre la “suma residual de cuadrados” (el cuadrado de la diferencia entre los valores y estimados y los reales) y la “suma total de cuadrados” (suma de las diferencias cuadradas entre los valores y reales y la media de los valores y), es decir que al tener menos dispersos los valores se encontrará una línea recta que se acople mejor a los requerimientos del problema.

El componente aleatorio del error ϵ se distribuye normalmente con promedio 0 y varianza constante.

Para inferir σ^2 , se usa SEC. La estimación s^2 de σ^2 se calcula dividiendo la SEC para los grados de libertad ligados al componente del error. Se usan dos grados de libertad para inferir b y m , y se consideran $(n - 2)$ grados de libertad para inferir la varianza del error. Entonces,

$$s^2 = \frac{SEC}{n - 2}$$

de donde

$$SEC = \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y})^2 = SS_{yy} - \hat{m}SS_{xy}$$

y

$$SS_{yy} = \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2 = \sum_{i=1}^n y_i^2 - \frac{\left(\sum_{i=1}^n y_i\right)^2}{n}$$

4.2.2. Regresión Múltiple

El modelo de regresión múltiple es igual al lineal; en este se elige el modelo estimado (modelo lineal $\beta_0 = b$ y $\beta_1 = m$)

$$\hat{y} = \hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 x_1 + \dots + \hat{\beta}_k x_k$$



Facultad de Ciencias
Universidad de Chile

que hace mínimo a

$$SEC = \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2$$

Así como en el modelo lineal, las estimaciones de la muestra $\beta_0, \beta_1, \dots, \beta_k$ se resuelven de un grupo de ecuaciones lineales simultáneas.

Se diferencian de los modelos de regresión simple en que deben solucionarse $(k+1)$ ecuaciones lineales simultáneas para establecer los $(k+1)$ coeficientes estimados $\hat{\beta}_0, \hat{\beta}_1, \dots, \hat{\beta}_k$ tornándose más dificultoso en el cálculo.

4.2.3. Coeficiente de Determinación R^2

Una de las formas de determinar cómo las variables aportan en la predicción de y es saber cuánto se minimizan los errores en la predicción de y al utilizar la información proporcionada por las variables. Una de las formas de medir aquello es mediante el coeficiente de determinación R^2 el cual hace una semejanza entre los valores inferidos y los verdaderos de y , su valor varía entre 0 y 1.

Si el valor es 1 existe una relación idéntica en la muestra es decir no existe ninguna diferencia entre el valor predicho y el valor verdadero, por otro lado si es 0 la ecuación de regresión que se obtiene no nos será de utilidad puesto que no se tiene ninguna relación entre los valores predichos y los valores reales.

En otras palabras, cuanto más se aproxime al valor de 1 existirá una mayor correlación entre los valores predichos y verdaderos y cuanto más se acerque al valor de 0 se obtendrá una menor relación entre el valor verdadero y el predicho.

El coeficiente de determinación R^2 compara la suma residual de cuadrados con la suma total de cuadrados, cuanto más pequeña sea la primera mayor será el coeficiente de determinación. Es decir

$$R^2 = \frac{SS_{yy} - SEC}{SS_{yy}} = 1 - \frac{SEC}{SS_{yy}}$$

4.2.4. La prueba F

Una forma de convalidar estadísticamente un modelo de regresión lineal es mediante la prueba F que hace uso del coeficiente de determinación R^2 la hipótesis que se utiliza es

$$H_0: \beta_1 = \beta_2 = \dots = \beta_k = 0.$$

H_a : uno de los coeficientes es diferente de cero.

La medida estadística de prueba que se usa para comprobar la hipótesis nula es:

$$F = \frac{R^2 / k}{(1 - R^2) / (n - (k + 1))}$$

donde n es el número de valores y k es el número de variables en el modelo exceptuando a β_0

La región de rechazo es

$$F > F\alpha(k, n - (k + 1))$$

4.2.5. La Prueba T-Student

Otra de las formas de evaluar estadísticamente el modelo es mediante la prueba t-student, para ello se debe asumir que las mediciones de la población se distribuyen normalmente, la prueba t-student se utiliza cuando los tamaños de las muestras son muy diminutos y no es posible utilizar el Teorema del límite central para realizar una valoración estadística.

Comúnmente, se prueba las hipótesis

$$H_0: \beta_i = 0, \text{ y}$$

$$H_a: \beta_i \neq 0$$

así la estadística t se convierte en

$$t = \frac{\hat{\beta}_i}{s_{\hat{\beta}_i}}$$

donde $s_{\hat{\beta}_i}$ es la desviación estándar estimada de $\hat{\beta}_i$

En donde la región de rechazo es

$$t < -t_{\alpha}[n-(k+1)]$$

siendo n el número de valores y k el número de variables en el modelo exceptuándose a

β_0 .

Las dos pruebas mencionadas determinan si la ecuación de regresión lineal obtenida entre las variables dependientes e independientes sucede casualmente.

La diferencia de las dos pruebas es que la prueba t-student hace inferencias acerca de los parámetros particulares, que tienen significación práctica, en forma separada, en cambio la prueba F hace inferencias acerca de todos los parámetros particulares como un conjunto; en el caso del análisis de regresión simple, el único parámetro particular, es la pendiente m, por lo tanto las dos pruebas probarían la significancia de m ya que no hay más parámetros particulares, no así en el caso del análisis de regresión múltiple, en el que se encuentran varios parámetros particulares, la prueba t-student probaría la significancia de cada uno de los β_i y la prueba F de todos los β_i .



BIOLOGÍA
FACULTAD DE CIENCIAS
BOGOTÁ

5. ANÁLISIS Y RESULTADOS

Como se indicó en el capítulo III se dividió el trabajo en tres partes, relacionando los datos In Situ versus la tres series satelitales (Primera parte), venta de redes de camarón con la serie satelital correspondiente a la latitud $02^{\circ}30'S$ (Segunda parte) y la venta de redes de camarón con los valores promedios de los índices oceánicos Niño 1+2, Niño 3, Niño 4 y Niño 3.4 (Tercera parte).

5.1. PRIMERA PARTE: DATOS IN SITU VERSUS SERIES SATELITALES

5.1.1. Análisis de Anomalías

El análisis de las anomalías nos sirve como un filtro de la serie de temperatura superficial ya que por medio de este se elimina el ciclo anual.

Observando la figura 2 correspondiente a las anomalías de las series proporcionadas por el satélite (latitudes $00^{\circ}30'$, $01^{\circ}30'$, $02^{\circ}30'$ S), parecería ser que se ajusta mejor a los eventos anómalos (El Niño, La Niña) que la serie In Situ de Manta por el descartamiento del ciclo anual.

5.1.2. Análisis de Comparación Mensual de las Series

Para realizar una mejor descripción de las variaciones en el ciclo anual de las series, se hizo un promedio mensual de las mismas (Fig. 3). Al hacerlo, se observan 4 rangos bien definidos para la serie de Manta.

1. Febrero a Mayo una temperatura que varía de $25,50^{\circ}\text{C}$ a $27,50^{\circ}\text{C}$ correspondiendo a la época “lluviosa”.
2. Mayo a Agosto un descenso de temperatura de 2°C aproximadamente correspondiendo a la etapa de transición de la época “lluviosa” a la “seca”.
3. Agosto a Noviembre una temperatura que varía de $23,60^{\circ}\text{C}$ a $25,60^{\circ}\text{C}$ correspondiendo a la época “seca”.
4. Noviembre a Febrero un aumento de temperatura de 2°C aproximadamente correspondiendo a la etapa de transición de la época “seca” a la “lluviosa”.

Similares características se pueden observar para las series provenientes de satélite, notándose que mientras nos dirigimos hacia el sur estas señales se enfrían (Fig. 3), ello se debe a que en el norte del Ecuador las aguas se encuentran más influenciadas por aguas tropicales superficiales (“calientes”), mientras que hacia el sur la temperatura superficial disminuye, debido a que se encuentra más influenciada por las aguas de la corriente del Humboldt (“frías”). Así mismo estas señales se amplifican (Fig. 3) debido al alejamiento del ecuador térmico en donde las estaciones (seca y lluviosa) no son tan “acentuadas” y por ende no hay una gran variación de temperatura (amplitud) por cambios de estación.

Otros agentes que son importantes para esta diferencia latitudinal incluyen la influencia de aguas locales provenientes del Golfo de Guayaquil (latitud $02^{\circ}30'S$ cerca de Salinas) ya que hay una gran diferencia de temperatura superficial promedio entre los valores de la estación Manta y la mencionada latitud, siendo la menor 1°C y la mayor $4,5^{\circ}\text{C}$ correspondiendo a Febrero y Septiembre respectivamente (Fig. 3). De la misma forma aguas locales provenientes del estuario del río Chone, estarían afectando los

valores superficiales promedios de la estación Manta y los del satélite (latitud $00^{\circ}30'S$), observándose eso sí, una diferencia menor de temperatura entre la estación Manta y la latitud señalada, siendo la menor $0,5^{\circ}C$ y la mayor $1,25^{\circ}C$ correspondiendo a Febrero-Octubre y Abril respectivamente (Fig. 3).

5.1.3. Correlaciones de las Series

Se correlacionó cada una de las series de satélites con la estación Manta, de igual manera se lo realizó con las anomalías, obteniéndose correlaciones altas (Tabla I) lo que supone que variaciones de temperatura superficial del mar en las latitudes tomadas por el satélite (posición más oceánica) son coherentes a cambios de temperatura superficial del mar In Situ (estación Manta y posición más costera).

Como se puede apreciar en la Tabla I, las correlaciones de las anomalías son más bajas que las normales, esto se debe a que las anomalías descartan el ciclo anual que tiene una señal muy fuerte pero en cambio son más significantes estadísticamente hablando. Así mismo se adelantó la serie Manta un mes para determinar si ello aumentaba la correlación, pero ello no sucedió como se observa en la Tabla I.

Tabla I.- Coeficientes de Correlación (r), de las Series de Satélite con Manta

	Sin adelanto			Manta adelantada un mes		
	$00^{\circ}30'S$	$01^{\circ}30'S$	$02^{\circ}30'S$	$00^{\circ}30'S$	$01^{\circ}30'S$	$02^{\circ}30'S$
Normal	0,8435	0,835	0,825	0,772	0,782	0,787
Anomalías	0,772	0,753	0,743	0,724	0,715	0,717

5.1.4. Correlaciones por Mes de Temperatura

Al realizar un análisis de las variaciones estacionales para cada mes, encontramos una mayor y menor correlación existente entre los meses de Marzo y Junio con un pico en el mes de Junio y un pico en el mes de Enero respectivamente (Fig. 4). Las bajas correlaciones (Enero y Febrero) se deben tal vez por la formación de nubes que impiden que el satélite (sensor) capte de una manera continua la señal ya que este sensor es un radiómetro que ofrece imágenes en el rango visible, infrarrojo cercano y medio e infrarrojo termal del espectro electromagnético que faculta la “visualización” de la superficie marina si esta se encuentra despejada (sin nubes) con un poder de resolución (pixel) de 1 Km. En época lluviosa hay un desplazamiento hacia el Sur de la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT), zona caracterizada por una banda angosta de levantamientos dinámicos convectivos en el aire húmedo y cambiante surgido de los océanos que se traslada de un hemisferio a otro a lo largo de la zona ecuatorial; este movimiento se debe a la intensificación de los alisios ya sea del sudeste o del noreste. El alisio del noreste se desplaza al hemisferio sur de diciembre-marzo produciendo un traslado de la ZCIT hacia latitudes sur y por consiguiente ancho de nubes (baja aproximadamente hasta 8°S).

A continuación se muestran las principales propiedades estadísticas de las series de tiempo (Tabla II).

Tabla II.- Propiedades Estadísticas de las Series de Tiempo (Manta y Satelitales)

Propiedad Estadística	MANTA	00°30'S	01°30'S	02°30'S
	Temp. (°C)	Temp. (°C)	Temp. (°C)	Temp. (°C)
$\mu x(t)$	25,71	24,92	23,76	22,83
$\sigma x(t)$	1,35	1,36	1,85	2,18
Máximo	30,20	29,52	29,35	29,11
Mínimo	22,00	22,49	20,66	19,46

5.2. SEGUNDA PARTE: DATOS DE VENTAS DE REDES VERSUS SERIE 02°30'S SATELITAL

5.2.1. Análisis de Comparación Mensual de las Series

Realizado el promedio mensual de la series Redes y 02°30'S (fig. 7), se pueden evidenciar algunas cosas interesantes:

1. La venta de redes crece substancialmente a partir de Enero, siendo Junio el mes de mayor venta.
2. Hay un gran decrecimiento de venta de redes comenzando Julio, siendo el mes de Septiembre el de menor venta.
3. Se podría decir que en la época “seca” es cuando menos se vende y en la época “lluviosa” hay un incremento de las ventas.

Se adelantó la serie redes un mes, obteniéndose un mejor resultado en lo que se refiere a correlación ($r = 0,74$).

5.2.2. Correlaciones de las Series

Al correlacionar la series tanto en forma normal como en anomalías, se obtuvo correlaciones relativamente altas (Tabla IV), pero que estadísticamente son poco significativas. Así mismo se adelantó la serie redes un mes obteniéndose un coeficiente de correlación un tanto mayor para las series en forma normal, no así en anomalías.

Tabla III.- Coeficientes de Correlación (r), de las Series redes con la serie 02°30'S

	Sin adelanto	Redes adelantada un mes
Normal	0,4253	0,4326
Anomalías	0,3598	0,2985

5.2.3. Correlaciones por Mes

Analizando las correlaciones por mes de ambas series (fig. 8), se observa una altísima correlación en los meses febrero, abril y mayo y bajas correlaciones en los demás meses, incluso siendo negativas en los meses de enero, octubre y diciembre, en forma general se podría decir que en época “lluviosa” existe una mayor correlación que en la “seca”.

Se presentan en la siguiente tabla algunas propiedades estadísticas interesantes de la series (Tabla VI).

Tabla IV.- Propiedades Estadísticas de las Series de Tiempo (Redes y 02°30'S)

Propiedad Estadística	REDES	02°30'S
	Venta (unidades)	Temp. (°C)
$\mu x(t)$	284,38	22,64
$\sigma x(t)$	217,13	1,90
Máximo	1213	27,42
Mínimo	16	19,46

5.3. TERCERA PARTE: VALORES DE VENTAS DE REDES VERSUS ÍNDICES OCEÁNICOS

5.3.1. Análisis de Comparación Mensual de las Series

Las figuras 13 y 14 muestran los promedios mensuales de las serie redes y de los índices oceánicos en donde se puede apreciar:

1. Los índices oceánicos Niño 1+2, Niño 3, reflejan la época seca y lluviosa, no así el Niño 3.4 en donde se nota un desfase de aproximadamente 2 meses, en el Niño 4 hay una temperatura superficial uniforme durante casi todo el año siendo menor durante los meses de Enero a Abril, condiciones totalmente opuestas a lo que sucede en las costas del Ecuador, este hecho es valedero puesto que mientras el Pacífico Ecuatorial Oriental está “frío” el Pacífico Ecuatorial Occidental está “caliente” .
2. Entre la venta de redes y los índices oceánicos Niño 3, Niño 1+2 y Niño 3.4 se establece una gran correlación en ese orden, lo que indicaría que hay una relación entre lo que sucede en el Pacífico Oriental y Central (temperatura superficial) y la disponibilidad de hembras ovadas.

5.3.2. Correlaciones de las Series

Los resultados de las correlaciones (Tabla V) de las series en forma normal establecen mejores resultados sin adelanto (con el Niño 3 se obtuvo la mayor correlación) a excepción del Niño 1+2 en que se mejoró al adelantar la serie. Con

respecto a las correlaciones en anomalías se observan las más altas correlaciones sin adelantar la serie siendo la máxima correlación con el Niño 1+2.

Tabla V.- Coeficientes de Correlación (r), de las Series redes con las regiones Niño 1+2, Niño 3, Niño 4 y Niño 3.4

Normal	Sin adelanto	Redes adelantada un mes
Niño 1+2	0.4195	0.4497
Niño 3	0.5180	0.4622
Niño 4	0.2399	0.1694
Niño 3.4	0.3851	0.3015
Anomalías		
Niño 1+2	0.4547	0.4130
Niño 3	0.3965	0.3396
Niño 4	0.2796	0.2449
Niño 3.4	0.3325	0.2901

5.3.3. Correlaciones por Mes

La figura 15 muestra las correlaciones de la serie redes con los índices oceánicos, en donde se puede notar que en los meses de abril, mayo y junio existen altísimas correlaciones, siendo el mes de Abril el de las más altas. En los meses de Diciembre, Enero y Febrero existen las correlaciones más bajas, exceptuando el mes de Febrero para el Niño 1+2 en donde la correlación es alta. Se podría decir que las altas correlaciones suceden en la transición de la época lluviosa a seca y las bajas correlaciones en la transición de la época seca a lluviosa.

En la tabla VI se muestran las propiedades estadísticas de los índices oceánicos.

Tabla VI.- Propiedades Estadísticas de los Índices Oceánicos

Propiedad Estadística	Niño 1+2	Niño 3	Niño 4	Niño 3.4
	Venta (unidades)	Temp. (°C)	Temp. (°C)	Temp. (°C)
$\mu x(t)$	22.89	25.90	28.74	27.89
$\sigma x(t)$	2.34	1.31	0.69	0.88
Máximo	27.67	28.74	29.78	29.29
Mínimo	19.01	23.05	26.53	25.52

SECRETARÍA DE ECONOMÍA
 DIRECCIÓN GENERAL DE REGISTROS Y FISCOS
 MÉXICO

5.4. MODELOS DE REGRESIÓN

Se realizaron 20 modelos de predicción utilizando regresión simple y 10 modelos usando regresión múltiple.

De los 20 modelos, 5 modelos se hicieron escogiendo como variable dependiente al valor real (In Situ) de temperatura superficial del mar correspondiente a la estación Manta y como variable independiente a la temperatura superficial del mar correspondiente la latitud $00^{\circ}30'S$, longitud $81^{\circ}30'O$, se tomó esta latitud porque se obtuvo la mayor correlación con Manta descartándose las demás series satélite.

Otros 5 modelos se realizaron utilizando como variable dependiente a los valores de anomalías de temperatura superficial de la estación Manta y como variable independiente a los datos de anomalías de temperatura superficial de la latitud $00^{\circ}30'S$ sumándole el promedio mensual de la estación Manta para obtener temperatura superficial, como en el caso anterior la latitud se la escogió por ser la de mayor correlación con las anomalías de Manta.

Luego se hicieron 5 modelos utilizando como variable dependiente a la venta de unidades de redes y como variable independiente a la temperatura superficial del mar correspondiente a la latitud $02^{\circ}30'S$, longitud $81^{\circ}30'O$, por encontrarse esta más cerca a la zona de la Península de Santa Elena.

En los últimos 5 modelos de regresión simple se usó los valores de anomalías de unidades de redes como variable dependiente y los datos de anomalías de temperatura superficial como variable independiente agregando los valores de la media de unidades de redes para obtener unidades de redes vendidas.

De los modelos de regresión múltiple, en los primeros 5 modelos se utilizó como variable dependiente a la venta de unidades de redes y como variables independientes al Niño 1+2 (x_1) y Niño 3 (x_2) por ser estos índices oceánicos los que más altas correlaciones obtuvieron con la serie redes.

En los 5 últimos modelos de regresión múltiple, la variable independiente fue las anomalías de unidades de redes y las variables independientes las anomalías del Niño 1+2 (x_1) y Niño 3 (x_2), a ello se sumó el promedio de unidades de redes y así obtener unidades de redes vendidas

Los 10 primeros modelos se realizaron de tal manera que se obtenga una predicción de la temperatura superficial del mar con 0, 1, 2, 3 y 6 meses de anticipación, utilizando para ello como variables dependientes e independientes lo descrito anteriormente.

En los 20 restantes se obtiene la predicción de venta de unidades de redes con 0, 1, 2, 3 y 6 meses de anticipación, usando las correspondientes variables independientes y dependientes.

Debido a alta correlación por mes de las serie Redes con las series 02°30'S, Niño 1+2 y Niño 3, Niño 4 y Niño 3.4 en los meses de Abril y Mayo, se elaboraron 10 modelos de regresión simple, en donde la variable dependiente era la venta de unidades de redes y las variables independientes la serie satelital 02°30'S y los índices oceánicos, cada uno de ellos relacionados con la serie redes; y un modelo de regresión múltiple en que la variable dependiente era la misma (redes) y la variables independientes la región del Niño 3.4 (x_1) y la serie 02°30'S (x_2) por ser estas las de más alta correlación.

Los modelos de predicción que se obtuvieron se muestran en las Tablas VII, VIII, IX y X.

Tabla VII.- Modelos de Predicción de Temperatura Superficial (Regresión Simple)

Mod.	Meses de ant.	Temperatura Superficial		Temperatura Superficial (Anomalías)	
		$\hat{y}_i =$	R^2	$\hat{y}_i =$	R^2
1	0	$0,84x_i + 4,79$	0,71	$0,77x_i + (-0,0008) + \text{Manta (prom}_i)$	0,60
2	1	$0,77x_i + 6,58$	0,60	$0,72x_i + (0,0021) + \text{Manta (prom}_i)$	0,52
3	2	$0,62x_i + 10,19$	0,39	$0,66x_i + 0,0064 + \text{Manta (prom}_i)$	0,44
4	3	$0,46x_i + 14,36$	0,21	$0,62x_i + 0,0162 + \text{Manta (prom}_i)$	0,39
5	6	$-0,09x_i + 28,02$	0,01	$0,44x_i + 0,0296 + \text{Manta (prom}_i)$	0,20

Tabla VIII.- Modelos de Predicción de Unidades de Redes (Regresión Simple)

Mod.	Meses de ant.	Unidades de Redes		Unidades de Redes (Anomalías)	
		$\hat{y}_i =$	R^2	$\hat{y}_i =$	R^2
1	0	$48,63 x_i - 816,68$	0,18	$72,49 x_i - 1,2E-14 + \text{Redes (prom}_i)$	0,13
2	1	$49,19x_i - 831,80$	0,19	$60,22x_i - 1,07 + \text{Redes (prom}_i)$	0,09
3	2	$30,02 x_i - 403,61$	0,08	$30,87 x_i - 5,31 + \text{Redes (prom}_i)$	0,02
4	3	$10,12 x_i + 37,73$	0,01	$3,13 x_i - 13,46 + \text{Redes (prom}_i)$	3E-04
5	6	$-32,01 x_i + 992,64$	0,11	$-2,93 x_i - 17,23 + \text{Redes (prom}_i)$	3E-04

Tabla IX.- Modelos de Predicción de Unidades de Redes (Regresión Múltiple)

Mod.	Meses de ant.	Unidades de Redes		Unidades de Redes (Anomalías)	
		$\hat{y}_i =$	R^2	$\hat{y}_i =$	R^2
1	0	$2,19 x_{1i} + 82,77 x_{2i} - 1909,31$	0,27	$96,54 x_{1i} + 16,72 x_{2i} + 5E-15 +$ Redes (prom _i)	0,21
2	1	$20,88 x_{1i} + 47,38 x_{2i} - 1424,15$	0,23	$99,84 x_{1i} + 1,19 x_{2i} - 2,03 +$ Redes (prom _i)	0,17
3	2	$30,96 x_{1i} + 0,69 x_{2i} - 451,96$	0,12	$57,36 x_{1i} + 11,49 x_{2i} - 6,40 +$ Redes (prom _i)	0,08
4	3	$29,56 x_{1i} - 38,69 x_{2i} - 591,89$	0,05	$25,43 x_{1i} + 19,15 x_{2i} - 14,13 +$ Redes (prom _i)	0,04
5	6	$-46,50 x_{1i} + 44,39 x_{2i} - 185,87$	0,15	$-59,69 x_{1i} + 75,15 x_{2i} - 18,28 +$ Redes (prom _i)	0,05

Tabla X.- Modelos de Predicción de Unidades de Redes (Regresión Simple y Múltiple)

Variables dependientes	Abril		Mayo	
	$\hat{y}_i =$	R^2	$\hat{y}_i =$	R^2
Niño 1+2	$131,92 x_i - 3011,27$	0,65	$195,00 x_i - 4292,01$	0,70
Niño 3	$231,24 x_i - 6026,00$	0,80	$166,70 x_i - 4123,23$	0,38
Niño 4	$301,30 x_i - 8301,67$	0,71	$390,04 x_i - 10877,60$	0,42
Niño 3.4	$278,65 x_i - 7538,69$	0,81	$276,49 x_i - 7443,57$	0,46
02°30'S	$93,99 x_i - 1904,10$	0,74	$179,64 x_i - 3830,37$	0,74
Niño 3.4-02°30'S	$182,1 x_{1i} + 50,1 x_{2i} - 6008,3$	0,93	$-6,8 x_{1i} + 182,4 x_{2i} - 3702,2$	0,74

5.4.1. La Prueba F y la Prueba t

Para comprobar la validez de los modelos se realizó la prueba F, se tomó como base la tabla de puntos porcentuales de la distribución F con un grado de libertad para el numerador (v_1) e infinitos grados de libertad para el denominador (v_2) para la predicción de la temperatura superficial del mar y venta de unidades de redes en que se utilizó las series completas y regresión simple, siendo F entonces 6,63 y $v_1 = 2$ y $v_2 = \alpha$ para la predicción de venta de unidades de redes en que se utilizó las series completas y la regresión múltiple, siendo F entonces 4,61. Para las predicciones de unidades de redes en los meses de Abril y Mayo en que se utilizó regresión simple se usó $v_1 = 1$ y $v_2 = 7$,

siendo $F = 12,25$ y en los regresión, múltiple $v_1 = 2$ y $v_2 = 6$, siendo $F = 10,92$ con un 99% de significancia para todos los casos.

De la misma forma para tener una mayor convalidación estadística se realizó la prueba de hipótesis t-student, para determinar si los parámetros particulares (temperatura superficial del mar de las latitudes $00^{\circ}30'S$ y $02^{\circ}30'S$, longitud $81^{\circ}30'O$ e índices oceánicos Niño 1+2 y Niño 3) son útiles en la estimación del valor de temperatura superficial y venta de unidades de redes, se tomó como datos de referencias al valor crítico t, cola única (2,576) correspondiente a infinitos grados de libertad en los casos en que se usó las series completas. En los meses de Abril y Mayo para la predicción de unidades de redes en que se usó regresión simple se usó $t = 3,499$ correspondiente a 7 grados de libertad y en el de regresión múltiple $t = 3,707$ correspondiente a 6 grados de libertad, con una significancia del 99,5% para todos los casos. Se obtuvo los resultados mostrados en las Tablas XI, XII, XIII y XIV.

Tabla XI.- Pruebas F y t-student para los Modelos de Predicción de Temperatura Superficial (Regresión Simple)

Mod.	Gr. de lib.	Temperatura Superficial		Temperatura Superficial (Anomalías)	
		Valor t	Valor F	Valor t	Valor F
1	162	20,00	399,77	15,34	238,64
2	161	15,41	237,12	13,19	176,4
3	160	10,16	103,37	11,13	123,3
4	159	6,50	42,08	10,11	102,3
5	156	1,16	1,37	6,21	38,55

Los 4 primeros modelos de temperatura superficial cumplen con las pruebas F y t-student, por lo tanto \hat{y}_i es una buena aproximación lineal para la mencionada significancia, no así el quinto modelo en que ello no se cumple.

De los modelos de temperatura superficial (Anomalías), los 5 cumplen con la condiciones de las pruebas F y t.-student, son entonces buenas aproximaciones lineales.

Tabla XII.- Pruebas F y t-student para los Modelos de Predicción de Unidades de Redes (Regresión Simple)

ESTADÍSTICA
FACULTAD DE
INGENIERÍA

Modelo	Gr. de lib.	Unidades de Redes		Unidades de Redes (Anomalías)	
		Valor t	Valor F	Valor t	Valor F
1	101	4,72	22,30	3,88	15,02
2	100	4,80	23,03	3,13	9,78
3	99	2,83	7,99	1,57	2,46
4	98	1,02	1,05	0,17	0,03
5	95	-3,36	-11,27	-0,16	0,02

Los modelos 4 y 5 no cumplen con la condiciones de las pruebas F y t-student, los modelos 1, 2 y 3 si lo cumplen por lo tanto \hat{y}_i es una buena aproximación lineal.

En los modelos de Predicción de Unidades de Redes en Anomalías los modelos 1 y 2 cumplen con la condiciones de las pruebas F y t-student señaladas anteriormente siendo entonces \hat{y}_i buena aproximación lineal no así los modelos 3, 4 y 5.

Tabla XIII.- Pruebas F y t-student para los Modelos de Predicción de Unidades de Redes (Regresión Múltiple)

Mod.	Gr. de lib.	Unidades de Redes			Unidades de Redes (Anomalías)		
		Val. t(x ₁)	Val. t(x ₂)	Val. F	Val. t(x ₁)	Val. t(x ₂)	Val. F
1	100	2,63	3,56	18,35	3,01	2,72	13,18
2	99	2,58	2,71	15,01	2,89	2,59	10,18
3	98	2,24	0,03	6,70	1,42	0,31	4,36
4	97	2,29	-1,66	2,64	0,67	0,54	2,07
5	94	-2,16	1,98	8,06	-1,56	2,13	2,31

Los primeros tres modelos y el quinto de venta de unidades de redes cumplen con las condiciones de las pruebas F, los parámetros particulares (Niño 1+2 y Niño 3) cumplen con la prueba t-student en los modelos 1 y 2 siendo entonces estos modelos buenas aproximaciones lineales ya que cumplen ambas pruebas.

En la venta de unidades de redes (anomalías) los dos primeros modelos cumplen con la prueba F, así mismo los parámetros particulares (Niño 1+2 y Niño 3) cumplen con la prueba t-student siendo por ello buenas aproximaciones lineales.

Tabla XIV.- Pruebas F y t-student para los Modelos de Predicción de Unidades de Redes

Variables dependientes	Gr. de lib.	Abril			Mayo		
		Val. t(x ₁)	Val. t(x ₂)	Val. F	Val. t(x ₁)	Val. t(x ₂)	Val. F
Niño 1+2	7	3,63	-----	13,21	4,07	-----	16,60
Niño 3	7	5,29	-----	28,04	2,08	-----	4,31
Niño 4	7	4,11	-----	16,91	2,27	-----	5,16
Niño 3.4	7	5,52	-----	30,47	2,43	-----	5,89
02°30'S	7	4,46	-----	19,90	4,48	-----	20,10
Niño 3.4-02°30'S	6	3,88	3,72	37,49	0,05	2,57	8,62

Todos los modelos cumplen con la prueba F y t-student en el mes de Abril, en el mes de Mayo cumplen solamente los modelos con la variable independiente de la región Niño 1+2 y la latitud 02°30'S, siendo estos entonces buenas aproximaciones lineales.

Tanto en la prueba F como en la t-student, los mejores modelos corresponden a la mayor diferencia existente entre el valor F o t y el valor F o t obtenido de las tablas estadísticas, porque entre más sustancial sea la diferencia, la relación existente entre las series tendría mayores probabilidades de que no sea casual.

Se elaboraron gráficas de series de tiempo comparando Manta con los mejores modelos, tanto de temperatura superficial (Figura 16) como de anomalías (Figura 17), de venta de unidades de redes correspondiente a los meses de Abril y Mayo con Niño 1+2 y Niño 3 (Figura 18) con Niño 4 y Niño 3.4 (Figura 19) con 02°30'S (Figura 20) y Niño 3.4-02°30'S (Figura 21), un resumen de los mismos se muestra a continuación.

Tabla XV.- Mejores Modelos de Predicción de Temperatura Superficial (Regresión Simple)

Mod.	Meses de ant.	Temperatura Superficial		Temperatura Superficial (Anomalías)	
		$\hat{y}_i =$	R^2	$\hat{y}_i =$	R^2
1	0	$0,84x_i + 4,79$	0,71	$0,77x_i + (-0,0008) + \text{Manta (prom}_i)$	0,60
2	1	$0,77x_i + 6,58$	0,60	$0,72x_i + (0,0021) + \text{Manta (prom}_i)$	0,52

Tabla XVI.- Mejores Modelos de Predicción de Unidades de Redes (Regresión Simple y Múltiple)

Variables dependientes	Abril		Mayo	
	$\hat{y}_i =$	R^2	$\hat{y}_i =$	R^2
Niño 1+2	$131,92 x_i - 3011,27$	0,65	$195,00 x_i - 4292,01$	0,70
Niño 3	$231,24 x_i - 6026,00$	0,80		
Niño 4	$301,30 x_i - 8301,67$	0,71		
Niño 3.4	$278,65 x_i - 7538,69$	0,81		
02°30'S	$93,99 x_i - 1904,10$	0,74	$179,64 x_i - 3830,37$	0,74
Niño 3.4-02°30'S	$182,1 x_{1i} + 50,1 x_{2i} - 6008,3$	0,93		

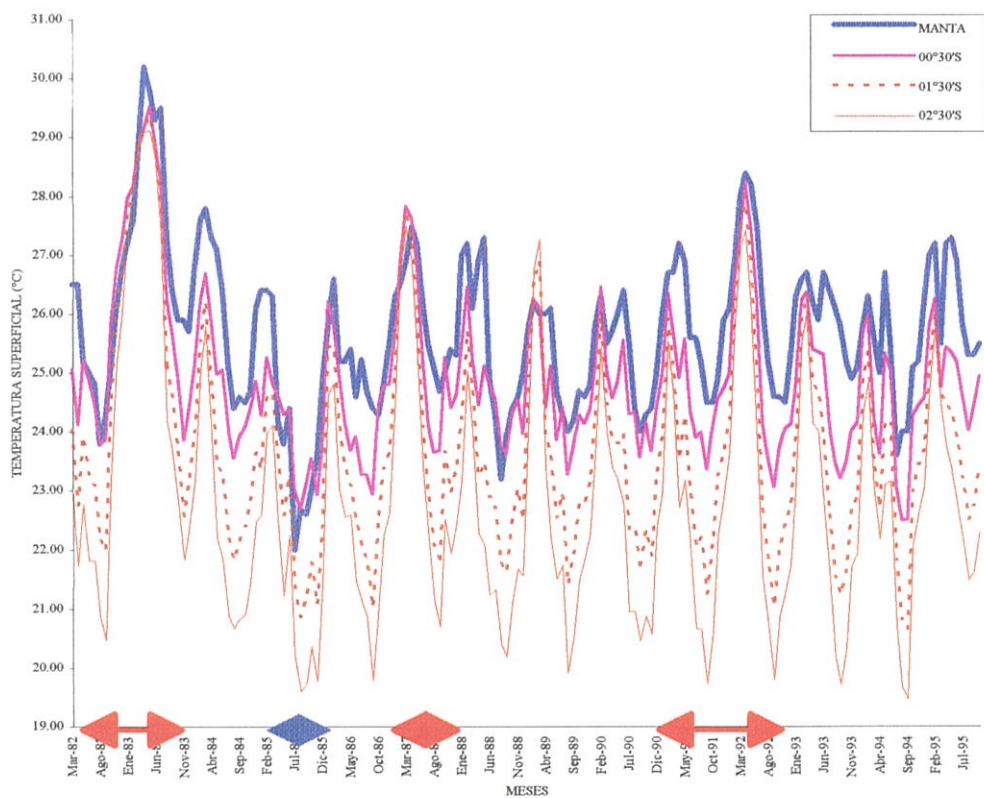


Figura 1.- Temperatura Superficial Mensual de las Series

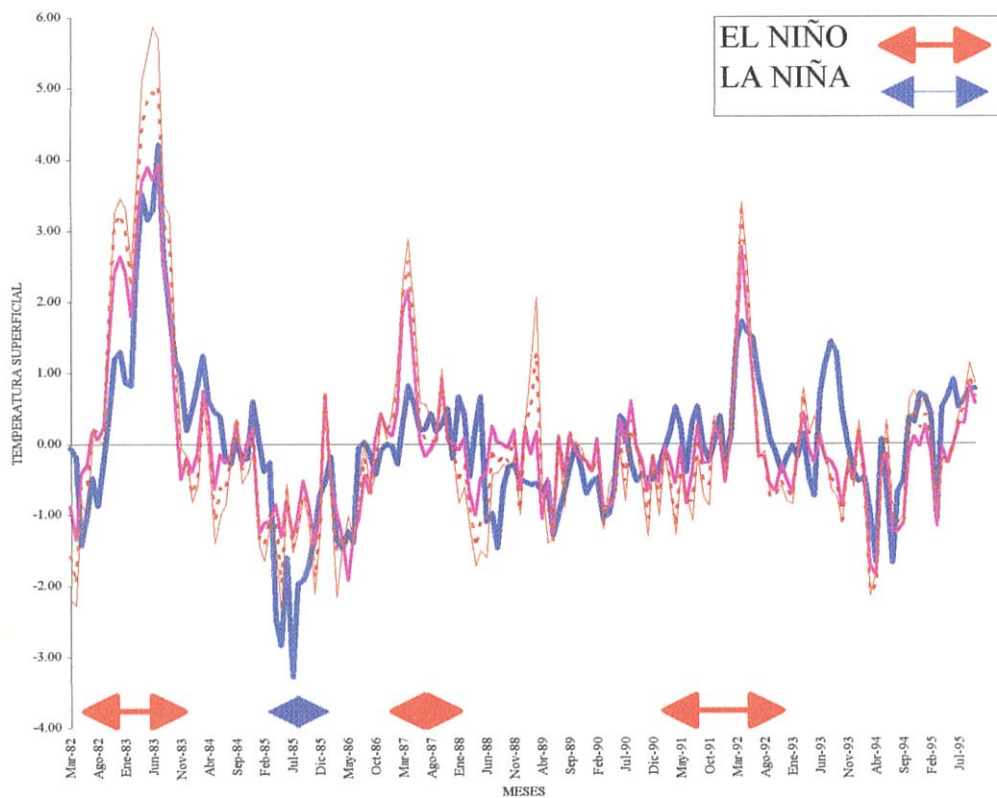


Figura 2.- Anomalías de las Series In Situ y Satélites

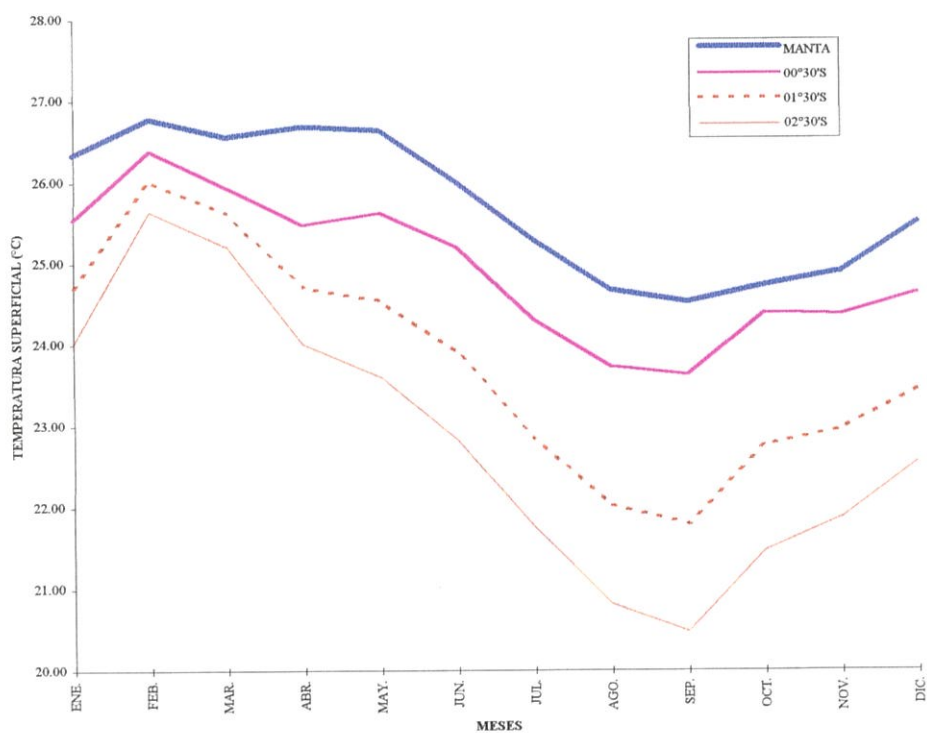


Figura 3.- Temperatura Superficial Promedio del Mar

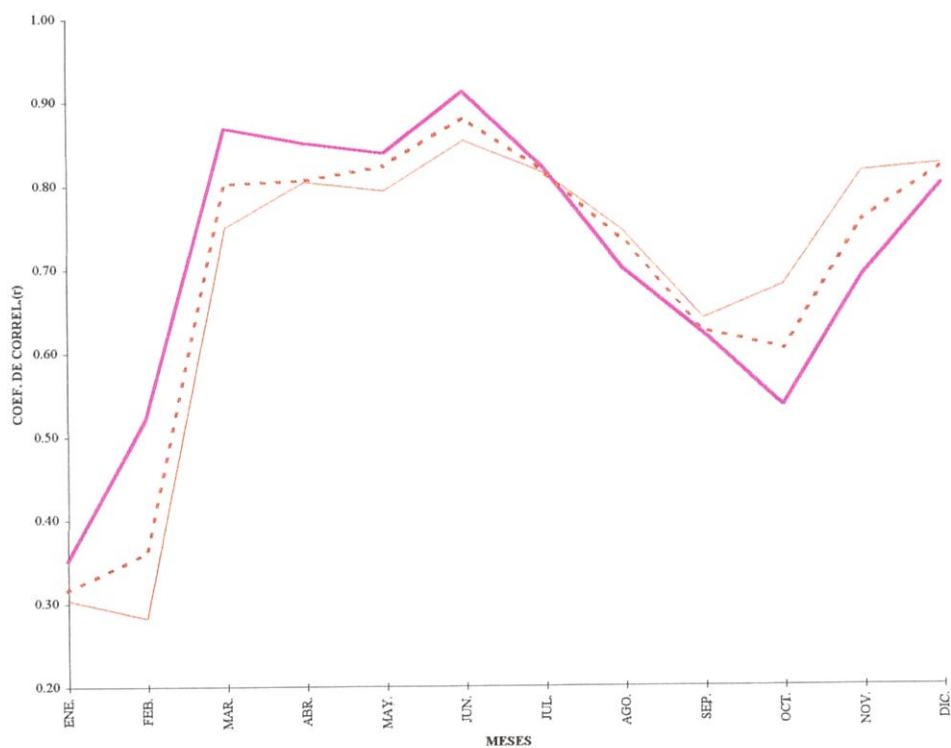


Figura 4.- Temperatura Superficial del Mar. Correlación de las Series con la Serie Manta



BIBLIOTECA
FAC. ING.
MARITIMA

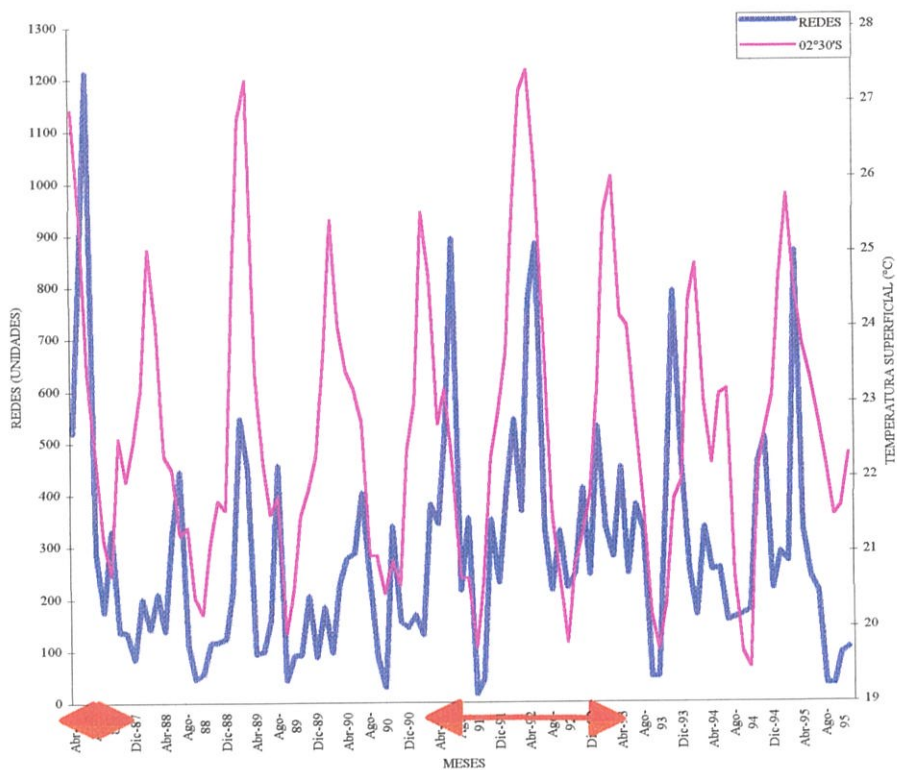


Figura 5.- Venta de Redes vs. 02°30'S

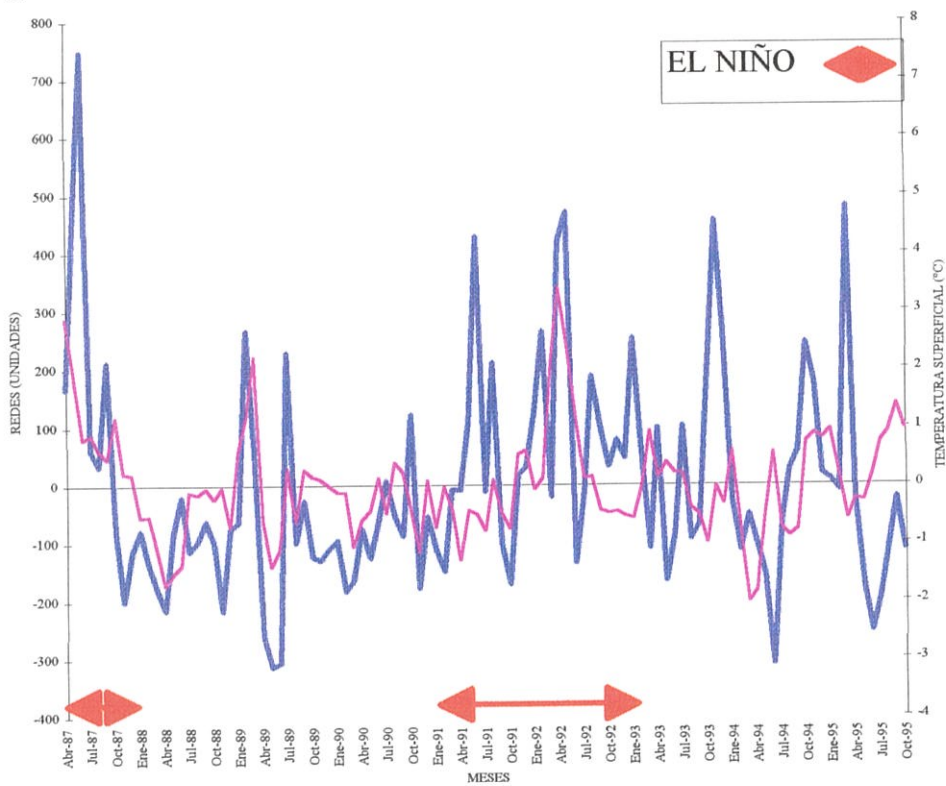


Figura 6.- Anomalías de las Series Redes y 02°30'S

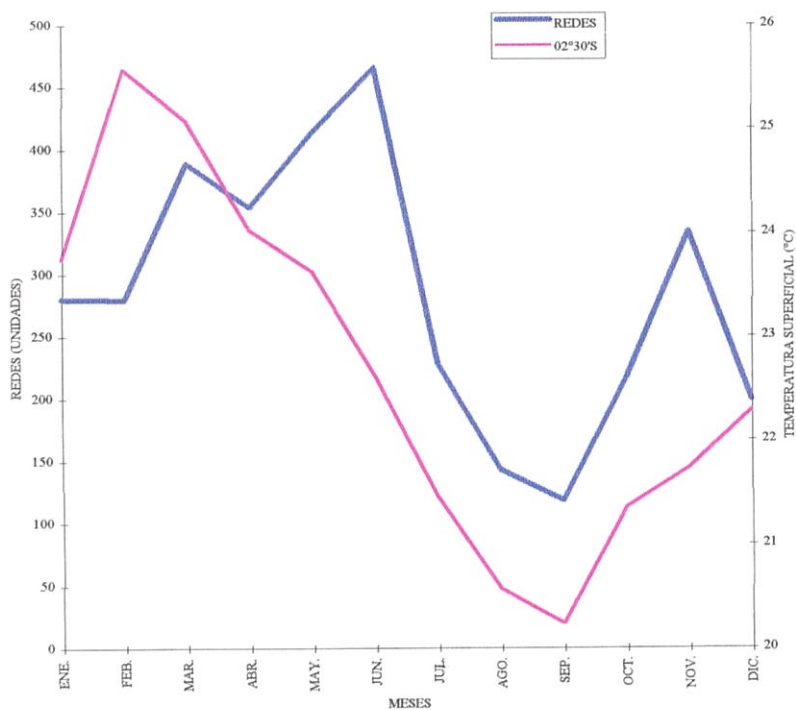


Figura 7.- Promedios Mensuales de las Serie Redes y 02°30'S



Figura 8.- Correlación de las Serie Redes con la Serie 02°30'S

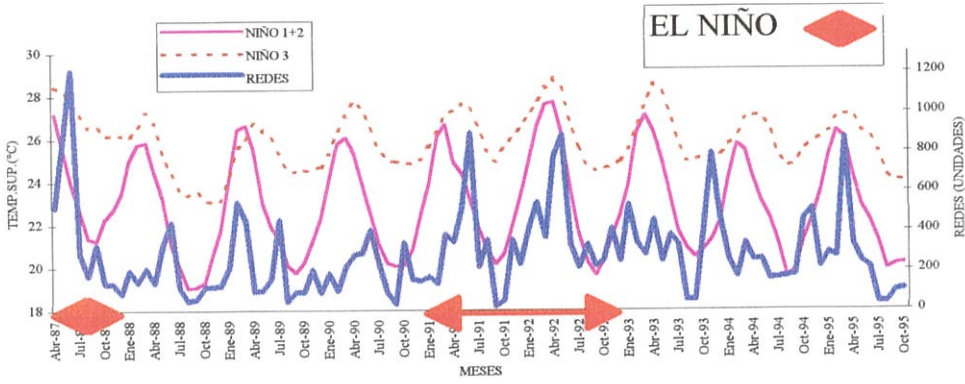


Figura 9.- Venta de Redes vs. Niño 1+2 y Niño 3

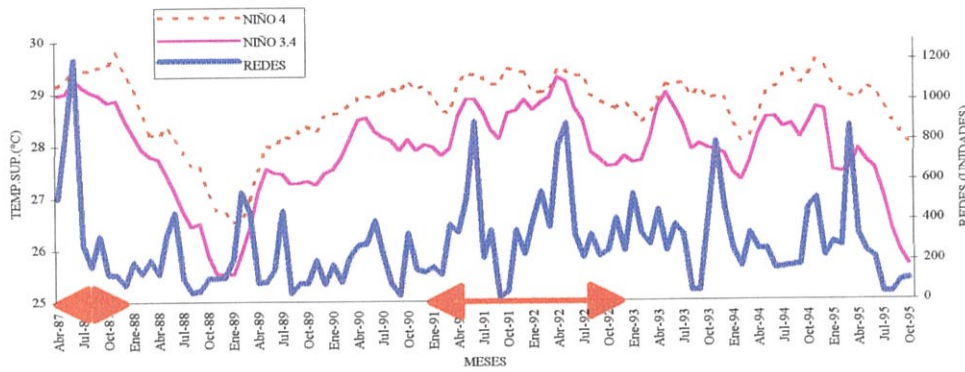


Figura 10.- Venta de Redes vs. Niño 3.4 y Niño 4

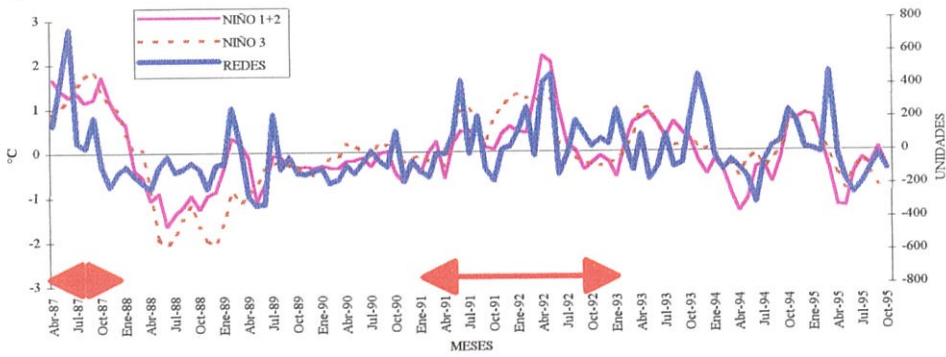


Figura 11.- Anomalías de las Series Redes, Niño 1+2 y Niño 3

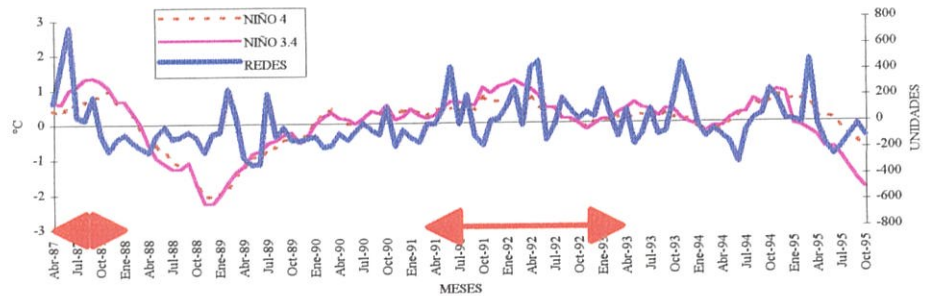
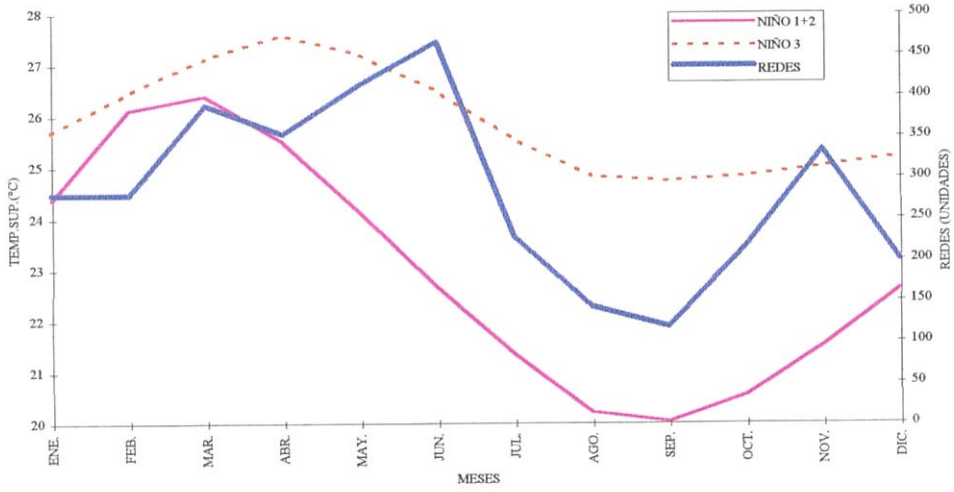


Figura 12.- Anomalías de las Series Redes, Niño 3.4 y Niño 4



BIBLIOTECA
FAC. ING.
MARITIMA

Figura 13.- Promedios Mensuales de las Serie Redes, Niño 1+2 y Niño 3

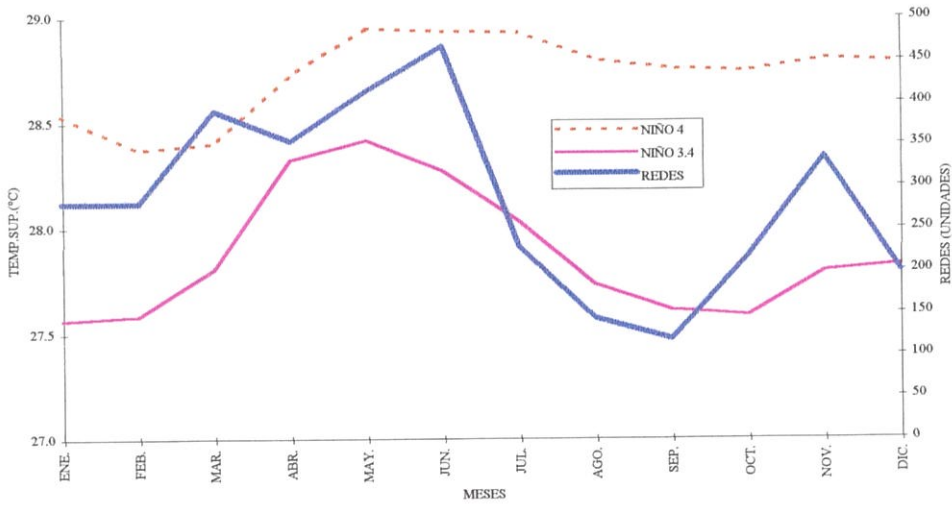


Figura 14.- Promedios Mensuales de las Serie Redes, Niño 3.4 y Niño 4

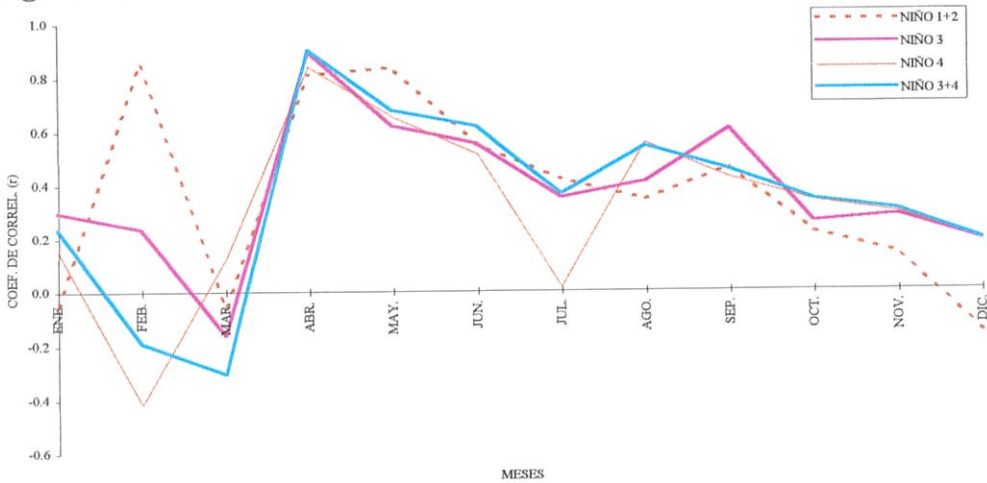


Figura 15.- Correlación de las Serie Redes con la Series Niño 1+2, Niño 3, Niño 3.4 y Niño 4

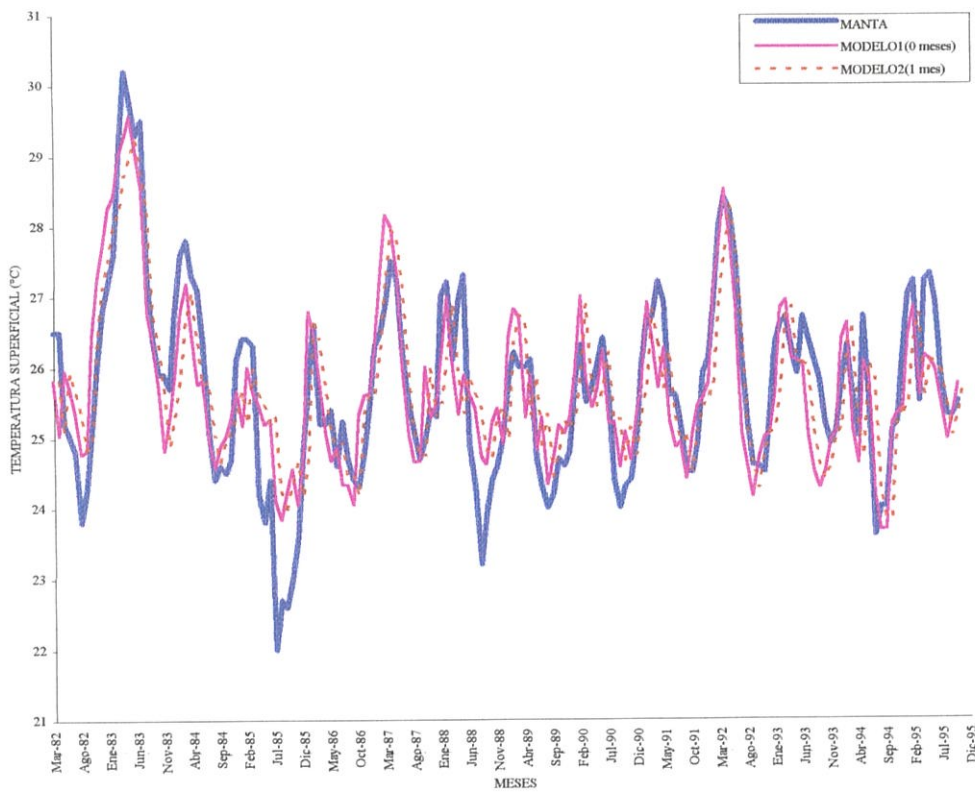


Figura 16.- Modelo de Regresión Lineal (Manta)

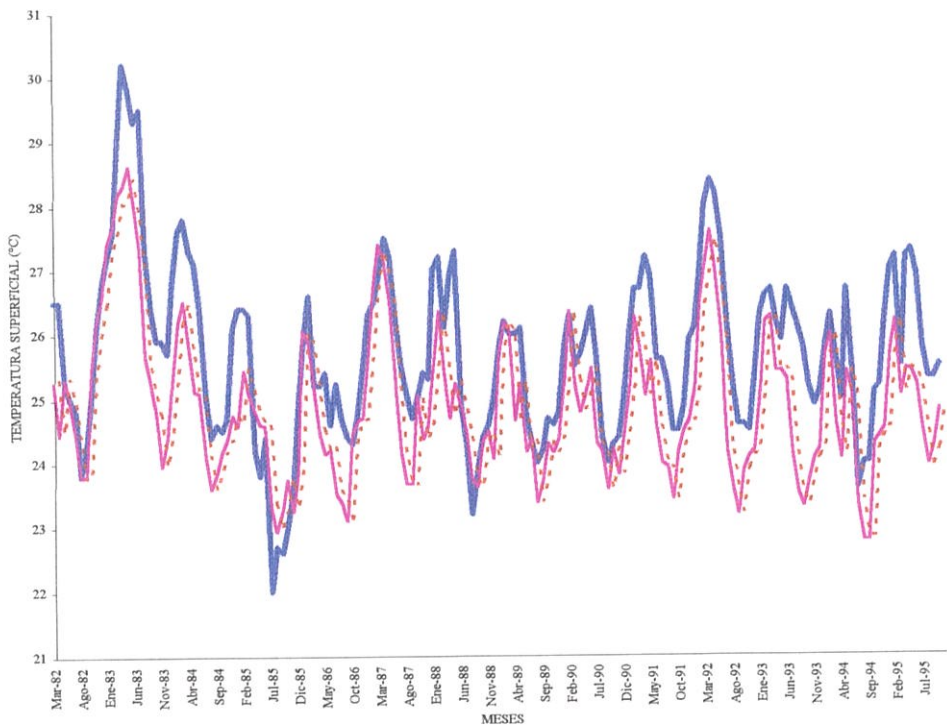


Figura 17.- Modelo de Regresión Lineal (Manta, anomalías)

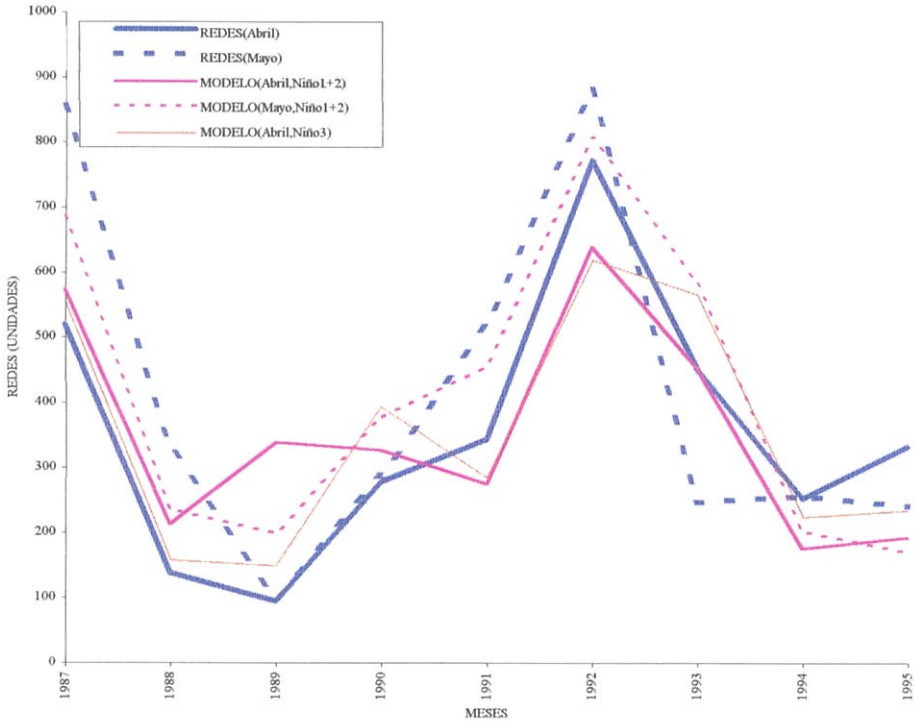


Figura 18.- Modelos de Regresión Lineal (Redes: Niño 1+2 y Niño 3)

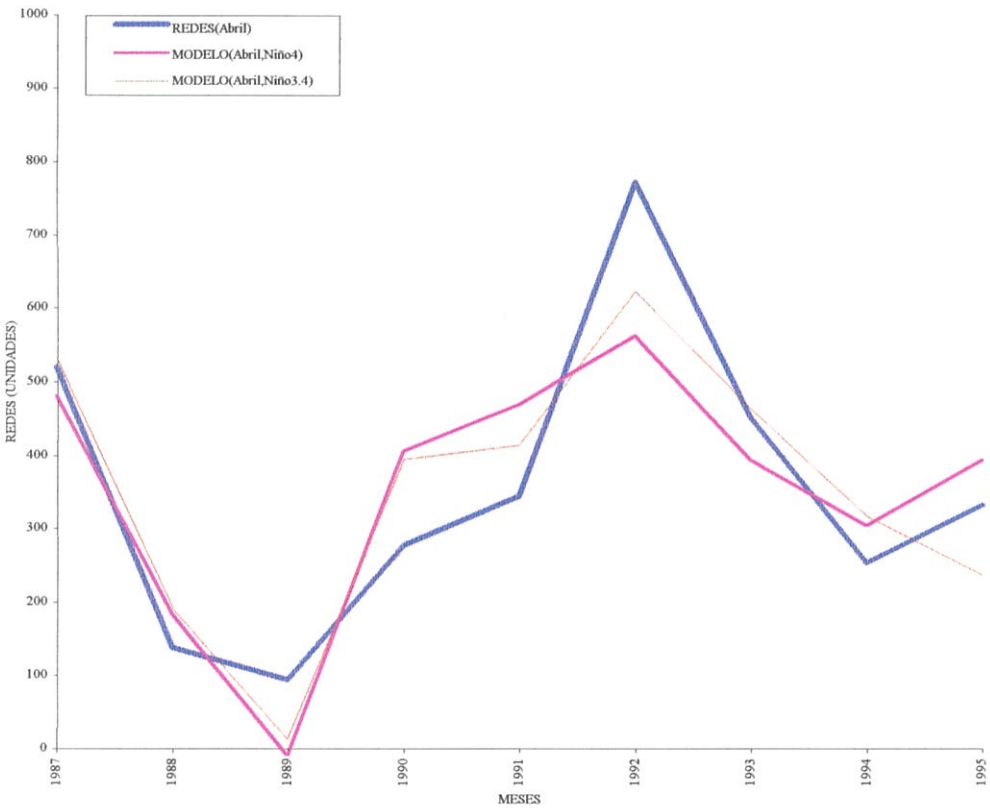


Figura 19.- Modelos de Regresión Lineal (Redes: Niño 4 y Niño 3.4)

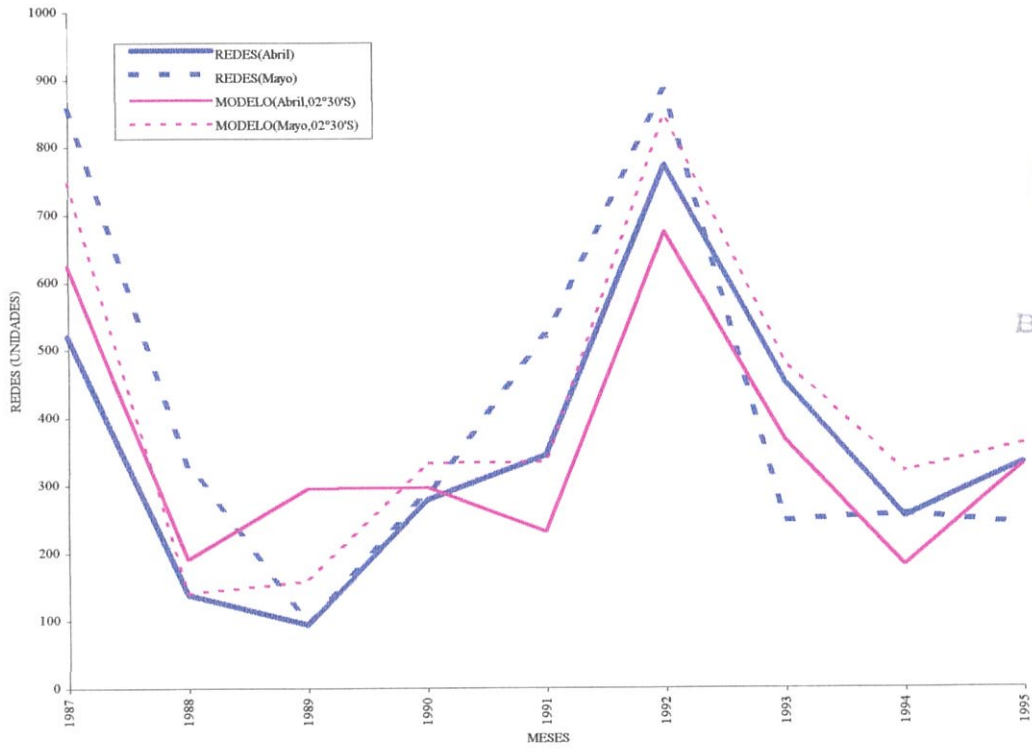


Figura 20.- Modelos de Regresión Lineal (Redes: 02°30'S)

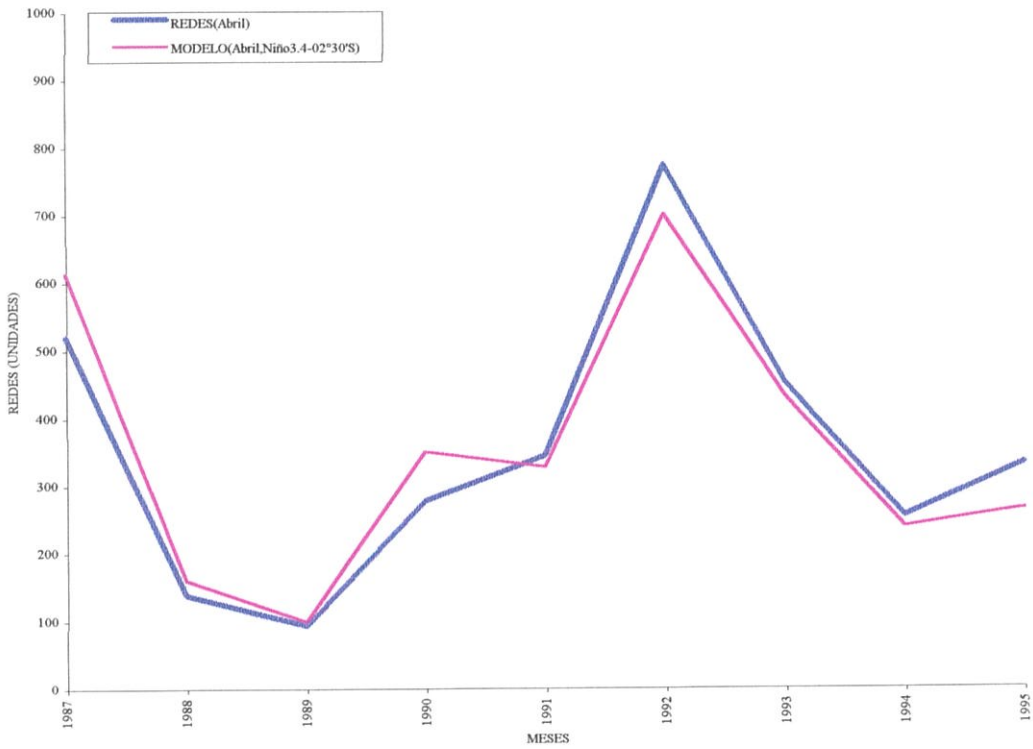


Figura 21.- 'Modelo de Regresión Múltiple (Redes: Niño 3.4 - 02°30'S)

6. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

1. La alta significancia de los modelos, considerando que la ubicación geográfica de los datos provenientes del satélite (longitud $81^{\circ}30'$ oeste, latitud $00^{\circ}30'$, $01^{\circ}30'$ y $02^{\circ}30'$ sur) corresponde a una posición oceánica, y los datos provenientes de la estación Manta (longitud $80^{\circ}44'$ oeste, latitud $00^{\circ}56'$ sur) a una posición más costera, se deberían a la alta inercia térmica que existe en el océano.
2. Se establece una gran relación entre el Pacífico Ecuatorial Oriental más oceánico (Niño 3) y la venta de redes camaroneras y por lo tanto la disponibilidad de hembras ovadas.
3. Se establece una mejor correlación entre la venta de unidades de redes y los índices oceánicos Niño 1+2 y Niño 3 que con la temperatura superficial del mar correspondiente a la latitud $02^{\circ}30'S$, longitud $81^{\circ}30'O$.
4. En los meses de Abril y Mayo se estableció la mayor correlación entre la venta de unidades de redes y la temperatura superficial del mar correspondiente a la latitud $02^{\circ}30'S$, longitud $81^{\circ}30'O$ y los índices oceánicos Niño 1+2, Niño 3, Niño 4 y Niño 3.4.

5. La mayor correlación entre la venta de redes adelantada un mes y la temperatura superficial del mar correspondiente a la latitud $02^{\circ}30'S$, longitud $81^{\circ}30'O$, como con el índice oceánico Niño 1+2, podría deberse a un periodo de adaptabilidad de las camaronas a la temperatura del mar o tal vez a que los pescadores no se encuentran preparados para la pesca de las camaronas cuando el agua esta “caliente” por lo que todavía no compran sus redes, así mismo cuando el agua deja de ser “caliente” siguen comprando aún sus redes.

6. Debido a que no hay la disponibilidad de datos In Situ, ya sea por falta de mediciones o por su difícil obtención, para poder realizar cualquier trabajo de investigación sobre todo en la parte oceanográfica, una alternativa valedera serían los datos provenientes del satélite, por ser accesibles a cualquier persona y porque existe una resolución de aquellos, de 1° latitud como de longitud, con lo que aportaría con series de tiempo en todo el océano.

7. La ventaja del análisis de regresión de predicción de temperatura superficial que se ha realizado es poder utilizar los datos provenientes del satélite y los In Situ (valores que se ajustan mejor a las condiciones locales), una vez que se ha realizado el modelo, los últimos ya no son necesarios, ya que la variable independiente son los valores provenientes del satélite, lo cual es de gran importancia por los argumentos presentados anteriormente.

8. El modelo de estimación lineal de predicción de unidades de redes es de mucha importancia ya que una vez obtenido las unidades, se podría estimar además, la cantidad de hembras ovadas (grávida) que se capturaran y con ello la disponibilidad de larvas salvajes.

9. Sería beneficioso obtener una buena base de datos de la captura hembras ovadas de las diferentes zonas en donde se realiza esta actividad para de esta manera establecer un mejor modelo de predictibilidad.

10. Queda la pauta para realizar nuevos modelos de regresión lineal en donde podrán utilizarse además de valores de temperatura superficial del mar, valores de temperatura del aire, vientos, precipitaciones, intensidad de corrientes, ubicación de la ZCIT, entre los principales.



BIBLIOGRAFÍA

1. BRILL RICHARD W., A review of temperature and oxygen tolerance studies of tunas pertinent to fisheries oceanography, movement models and stock assessments, Fisheries Oceanography, USA, 1994, 3:3, 204-216 p.
2. CANE MARK A., ESHEL GIDON & BUCKLAND R. W., Forecasting Zimbabwean maize yield using eastern equatorial Pacific sea surface temperature, Letters To Nature, USA, 1993, 1:1, 12 p.
3. COMISIÓN OCEANOGRÁFICA INTERGUBERNAMENTAL, colección 6, Perspectiva de la oceanografía, UNESCO, París, 1.970, 21-42 p.
4. CORNEJO - RODRÍGUEZ, M. H. Posible influencia de la captura de post-larvas de camarón sobre la abundancia de larvas y postlarvas de peces: fase I, I Congreso Nacional de Acuicultura, Cenaim, Guayaquil , 1992, 1-5 p.
5. CORNEJO - RODRÍGUEZ, M. H., E. BLACIO, R. GUARTATANGA, Y L. SCHWARTZ, Relación entre la captura de larvas de peces y de camarones, Revista de Acuicultura Tropical, No. 1, Cenaim, Guayaquil, 1993, 12-14 p.
6. CORNEJO-RODRIGUEZ, M. H., E. BLACIO, R. GUARTATANGA, L. SCHWARZ, M. A. BONILLA-COELLO Y A. MILSTEIN . Variación anual de

- larvas y postlarvas de peces en una zona de rompiente de playa arenosa (Guayas-Ecuador). *Revista de Acuicultura Tropical*, No. 1, Guayaquil, 1993, 17-19 p.
7. ESPOL, FORO-TALLER: El desarrollo en el Ecuador de la investigación aplicada en el área de cambios climáticos, José Luis Santos, Guayaquil, 1.986, 12-19 p.
8. MOREANO, H. R. (1983). Interacción océano-atmósfera sobre la zona costera del Ecuador, *Acta Oceanográfica del Pacífico (INOCAR)*, Guayaquil - Ecuador, Vol. 2(1), 1-11p.
9. MOREANO, H. R., E. ZAMBRANO, R. DE SUESCUM, Y N. PAREDES. El Niño 1982-1983, su formación, su desarrollo y sus manifestaciones en aguas ecuatorianas, *Acta Oceanográfica del Pacífico (INOCAR)*. Guayaquil - Ecuador, 1986, 3(1), 1-23 p.
10. NAKATA, K., ZENITANI H., AND INAGAKE D., Differences in food availability for Japanese sardine larvae between the frontal region and the waters on the offshore side of Kuroshio, *Fisheries Oceanography, USA*, 1995, 4:1, 68-79 p.
11. OKUDA TAIKO, R. TREJOS DE SUESCUM, M. VALENCIA, A. RODRÍGUEZ. Variación Estacional de La Posición del Frente Ecuatorial y su Efecto sobre la

Fertilidad de las Aguas Ecuatorianas, Acta Oceanográfica del Pacífico (INOCAR),
Guayaquil - Ecuador, 1983, 2(1), 53-84 p.

12. POLOVINA JEFFREY J., T. GARY, MITCHUM, GRAHAM NICK E.,
MITCHELL, CRAIG P., DEMARTINI EDWARD E. AND FLINT HIZABETH
N., Physical and biological consequences of a climate event in the central North
Pacific, Fisheries Oceanography, USA, 1994, 3:1, 15-24 p.

13. ROBINSON CLIFFORD L. K., The influence of ocean climate on coastal plankton
and fish production, Fisheries Oceanography, USA, 1994, 3:3, 159-171 p.

14. SCHEAFFER RICHARD L., MCCLAVE JAMES T., Probabilidad y Estadística
para Ingeniería, Iberoamérica, 1.993, 357-464 p.

15. SHUMACHER J. D., P. J. STABENO, Ubiquitous eddies of the eastern Bering
Sea and their coincidence with concentrations of larval pollock, Fisheries
Oceanography, USA, 1994, 3:3, 182-190 p.

16. SILVA GUSTAVO, Análisis de la variabilidad climática de la zona costera
ecuatoriana, utilizando componentes principales, Tesis de Grado (ESPOL), 1.992,
15-29 p.

17. DEPARTMENT OF COMMERCE, Climate Diagnostics Bulletin November 1996,
Vernon E. Kousky, Camp Springs, Maryland, Diciembre de 1996, 10 p.

18. VIERS GEORGES, Climatología, oikos-tau, s. A. Villassar de Mar, 1.975, 227-
228 p.

19. ZAMBRANO EDUARDO, El Niño, Acta Oceanográfica del Pacífico (INOCAR),
Guayaquil - Ecuador, 1.996, Vol. 8(1), 109-114 p.