

RELACIÓN ENTRE LA CONCENTRACIÓN DE CLOROFILA MARINA Y LA TEMPERATURA EN LA SUPERFICIE DEL OCEANO, MEDIDA POR LOS SATÉLITES GEOESTACIONARIOS.

Autores: EUGENIO MOJENA LÓPEZ, Hilario Torres Amador, Carlos M. Góngora González, Antonia Ortega González, IRENE NÚÑEZ LEGUÉN, LOURDES LAVASTIDA RAMOS

Centro de Pronósticos, Instituto de Meteorología

RESUMEN:

La determinación cuantitativa de la concentración superficial de clorofila marina a partir de imágenes de satélite, permite obtener una visión global y casi inmediata del ambiente marino que afecta la abundancia, distribución y disponibilidad de los recursos pesqueros. No es posible obtenerlo sistemáticamente a partir de técnicas convencionales debido fundamentalmente a la lentitud de los cruceros en buques de investigación, lo que genera la carencia de datos o una inadecuada resolución espacial y temporal de los mismos.

El objetivo del presente trabajo es obtener un conjunto de algoritmos que vinculen la temperatura obtenida a partir de las imágenes GOES (IR), con la concentración de clorofila superficial, obtenida a partir de las imágenes del sensor CZCS (satélites Nimbus) con un nivel de aceptación adecuado, tanto para mar abierto como para zonas costeras. Para este propósito se tuvo en cuenta además el carácter regional y estacional de los valores de concentración de clorofila.

El desarrollo del algoritmo está basado en técnicas del procesamiento digital de imágenes y de la estadística multivariada.

INTRODUCCION

Los trabajos realizados, tanto en Cuba como internacionalmente han demostrado la existencia de una relación estrecha entre los valores de temperatura del océano y la concentración de clorofila y fitoplancton marino, siendo entonces posible, dado el carácter estacional y regional de los mismos, obtener buenos resultados en su estimación al incluir una serie de predictores relacionados con estas características en su comportamiento.

1.1 Propiedades ópticas del océano

Las propiedades ópticas de la superficie marina son en gran medida determinadas por la presencia de materia disuelta y en suspensión. Bajo condiciones normales la luz visible penetra en el agua marina decenas de metros, cuando la concentración de sustancias en el agua se incrementa el agua se vuelve más turbia y la penetración de la luz se reduce como resultado de la absorción y de la dispersión, dependiendo esto de las características específicas del material presente en el agua.

La absorción y la dispersión varían con la longitud de onda de la radiación incidente. Las observaciones multiespectrales pueden ser empleadas para estimar la naturaleza y la concentración de los constituyentes del agua.

1.2. Temperatura de la superficie del mar

El proceso de determinación de la temperatura del océano a partir de imágenes de satélites infrarrojas (IR) está completamente definido.

La energía electromagnética emitida por la superficie de la tierra y por la atmósfera tiene su máxima contribución en el rango espectral de 10 a 12 μm . Sobre esta base, la energía radiante emitida puede ser estimada por los sensores remotos a partir de:

$$B(\nu, T) = \frac{2h\nu^3}{c^2 [\exp(h\nu / kT) - 1]} \quad (\text{Ec.1})$$

donde, $B(\nu, T)$ es la función de Planck correspondiente a la frecuencia ν y T la temperatura, h y k son las constantes de Planck y Boltzman respectivamente.

La radiación que alcanza al satélite en $\text{Watt.m}^{-2}.\text{ST}^{-1}$ está integrada por dos componentes, la energía emitida desde la superficie de la tierra, y la radiada por la atmósfera, y está dada por:

$$I(\nu, \theta) = \varepsilon_v B(\nu, T_0) \tau(\nu, p_0, \theta) + \int_{p_0}^0 B(\nu, T) \frac{d\tau(\nu, p, \theta)}{dp} dp \quad (\text{Ec.2})$$

donde θ es el ángulo de visión del sensor desde la vertical del satélite, ε_v emisividad de la superficie radiante, $B(\nu, T_0)$ radiación emitida a la frecuencia ν y la temperatura T_0 , $\tau(\nu, p_0, \theta)$ transmitancia espectral desde el nivel de presión p_0 en la dirección θ , y p_0 presión atmosférica en la superficie de la tierra. $B(\nu, T)$ y $T(\nu, p, \theta)$ están referidos a los valores de estos parámetros en la atmósfera, a la temperatura T y al nivel de presión p . El primer término de la izquierda es la contribución de la superficie de la tierra modificada por los efectos atmosféricos, mientras que el segundo término es la contribución integral de las distintas capas de la atmósfera.

El término $d\tau/dp$ se refiere a la variación del promedio de la función de transmitancia.

En la ventana espectral la contribución del segundo término se asume como cero (0), mientras que ε_v y $\tau(\nu, p_0, \theta)$ pueden igualarse a la unidad, entonces, sustituyendo la ecuación 2 en 1 obtenemos:

$$I(\nu, \theta) = \frac{2h\nu^3}{c^2(\exp(h\nu/kT) - 1)} \quad (\text{Ec.3})$$

de donde,

$$T_B = \frac{C_2\nu}{\log\left[\left\{C_1\nu^3 / I(\nu, \theta)\right\} + 1\right]} \quad (\text{Ec.4})$$

donde $c_1 = 2h/c^2$ y $c_2 = h/k$ y T_B es la temperatura de radiación.

La determinación de T_B es limitada por la nubosidad que es considerada aquí como un contaminante atmosférico, por lo que se ha hecho necesario la confección de algoritmos para la eliminación de las nubes. En ausencia de nubosidad también se comete un error significativo al considerar la función de transmitancia igual a la unidad, principalmente sobre los océanos tropicales, debido al efecto de las altas concentraciones de vapor de agua. Este error se incrementa con el aumento de la temperatura de la superficie, por ello se hace necesario incrementar T_B en un ΔT de forma tal que la temperatura de la superficie viene dada por:

$$T = T_B + \Delta T \quad (\text{Ec. 5})$$

donde ΔT corresponde al efecto de atenuación atmosférica, existiendo diferentes métodos para su estimación.

1.3. Materiales y Métodos

1.3.1. Imágenes del GOES

El GOES 8 ubicado nominalmente en 0° de latitud Norte y 75° de longitud Oeste, transmite imágenes en 5 canales espectrales.

1 - 0,55 - 0,68 μm

2 - 3,78 - 4,03 μm

3 - 6,47 - 7,02 μm

4 - 10,2 - 11,2 μm

5 - 11,5 - 12,5 μm

Con las resoluciones espaciales de 1 km, 4 km, 8 km, 4 km y 4 km respectivamente de Este/Oeste en su transmisión digital. La transmisión analógica (WEFAX) se recibe solamente para los canales 1, 3 y 4 con resoluciones de 8 km, 8 km y 4, 8 y 16 km para el canal 4 en dependencia del tipo de imagen transmitida.

Estas imágenes son recibidas en formato IMG, que es un formato a byte por pixel con una tabla de encabezamiento de 132 bytes que describe la imagen. Al estar el sistema soportado en WINDOWS, cuyas bibliotecas no admiten este formato, es necesario convertir la imagen a uno de los formatos del WINDOWS, en nuestro caso a BMP. Estas imágenes forman una matriz de 1000 columnas por 750 líneas aproximadamente con una resolución radiométrica de 256 niveles de gris.

Desde el punto de vista operativo, el cálculo de la temperatura de las superficies subyacentes a partir de estas imágenes se basa en la relación entre contágenes digitales y la temperatura que se expresan de la forma siguiente:

$$T_B = 148,8 - C_s \quad \text{para } 0 \leq C_s < 176$$

$$T_B = 56,8 - (0,5C_s) \quad \text{para } 176 < C_s \leq 255$$

que son dos ecuaciones lineales acorde con las características del sensor para diferentes rangos de conteo.

Debe tenerse en cuenta que como la respuesta del sensor puede cambiar en el tiempo, la función de transferencia entre contadores y temperatura sufre correcciones periódicas.

Para eliminar los efectos de atenuación atmosférica y de otros tipos que diferencian la temperatura de brillo de T_s (temperatura superficial), se procedió a una calibración global donde T_s viene expresada como:

$$T_s = -140,017 + 0,000322 \left(\frac{T_B}{T_B}\right) + 2790,54 \left(\frac{1}{T_B}\right) + 0,00000343 \left(\frac{T_B}{T_B}\right) - 0,00000761 \left(\frac{T_B}{T_B}\right)$$

para el rango de temperaturas del océano tropical.

Formatos BMP

Estas imágenes presentan un encabezamiento donde se describe la cantidad de bits por pixel y la cantidad de bits por plano, el tipo de compresión de datos y una tabla que describe la cantidad de niveles y el color por cada nivel. Después de este encabezamiento, comienza la información correspondiente a la imagen.

1.3.2. Imágenes NIMBUS

Este satélite está destinado, entre otras cosas, a estudios oceanográficos, y lleva entre sus sensores el CZCS (sensor de color del océano para zonas costeras). Este sensor está destinado específicamente para el mapeo a color del océano y consta de 6 canales:

Banda 1: 0,43 - 0,45 μm	(Violeta - Azul)
Banda 2: 0,51 - 0,53 μm	(Azul - Verde)
Banda 3: 0,54 - 0,56 μm	(Verde)
Banda 4: 0,66 - 0,68 μm	(Rojo)
Banda 5: 0,70 - 0,80 μm	(IR cercano)
Banda 6: 10,50 - 12,50 μm	(IR térmico)

Cinco de estas bandas pueden medir la radiación retroreflejada por la superficie del océano, así como el color del agua afectado por la clorofila, sedimentos, etc.

La clorofila absorbe fuertemente en las bandas 1 y 2 siendo la banda 3 el punto principal de mínima absorción, la razón de la radiación medida en estas bandas es aproximadamente igual a la concentración superficial de clorofila expresándose esta concentración como una función de la radiación recibida por el sensor $L_w(\lambda)$ a través de las relaciones:

$$R_1 = L_w(443) / L_w(550) \quad \text{y}$$

$$R_2 = L_w(520) / L_w(550)$$

$$\lg(C_i) = \lg(a) + b \cdot \lg(R_i) \quad i=1,2$$

donde $\lg(a) = -0,297$,

$$b = -1,269,$$

$$s = 0,173, \text{ y}$$

$$r^2 = 0,941, \text{ respectivamente.}$$

Para la determinación de los valores de clorofila se contó con tres años de imágenes correspondientes a los años 1979 - 1981, las cuales fueron promediadas para cada mes y cubren el Caribe, Golfo de México y gran parte del Atlántico (Müller y Gargan, 1990). Estas imágenes con una resolución original de 825 x 825 metros fueron muestreadas a 1/16 de la escala de la

imagen para una resolución de 20 x 20 km/pixel y transformadas a proyección cilíndrica equidistante, cubriendo la zona entre 10° y 50° Norte y los 40° y 100° Oeste (Melo N).

La concentración de pigmento en estas imágenes viene expresado como:

$$\text{Concentración (mg/m}^3\text{)} = 10^{(0,012 \cdot \text{NG} - 1,4)}$$

donde NG es el nivel de gris.

Estas imágenes fueron cargadas y procesadas para obtener los valores de clorofila con el software SATO (Sistema de Ayuda a la Teledetección Oceánica, desarrollado en el ICH (Melo N)), obteniéndose 2750 mediciones de clorofila que fueron posicionadas geográficamente y en tiempo.

1.3.3. Mapas de Temperatura

Para cada una de las 36 imágenes del NIMBUS se confeccionó un mapa de la temperatura de la superficie del océano basado fundamentalmente en mediciones de barcos, complementándose estos mapas con las imágenes IR (11,5 μm) de 4 km de resolución, utilizadas principalmente para delinear las fronteras de las corrientes, anillos y vórtices marinos.

1.4. Procesamiento de la Muestra

El fichero inicial de datos a procesar forma una matriz de 2770 filas y 5 columnas, correspondiendo éstas a: Clorofila, Latitud, Longitud, Temp. del Mar y Mes, donde la clorofila fue considerada como variable dependiente.

A partir de estos datos, se ajustó una curva Temperatura-Clorofila obteniéndose un coeficiente de correlación no significativo. Conociendo el comportamiento estacional de la clorofila, la muestra fue dividida en semestres con resultados similares. Posteriormente se dividió la muestra en 4 trimestres, y se incluyeron los predictores restantes, obteniéndose una mejora en el ajuste de las curvas, hecho éste que, en cierta medida, comprueba la estacionalidad del parámetro, y el aporte de la posición geográfica con respecto a la variable dependiente.

En esta etapa se aplicó la técnica de cluster en el tratamiento de cada uno de los trimestres.

En lo sucesivo nos referiremos exclusivamente al 1er. trimestre, por ser similar todo el procesamiento estadístico.

Se dividió la muestra trimestral compuesta de 647 casos en cinco grupos utilizando la técnica (k means clustering of case) quedando constituidos los mismos de la forma siguiente:

Cluster	Casos
1	191
2	118
3	97
4	119
5	122

En la Tabla 1 se muestran los valores medios de todas las variables.

Tabla 1. Valores medios de las variables

STAT	CLUSTER MEANS				
CLUSTER ANALYSIS	CLUSTER 1	CLUSTER 2	CLUSTER 3	CLUSTER 4	CLUSTER 5
VARIABLE					
LATITUD	23.39	26.82	14.33	19.27	33.43
LONGITUD	81.30	88.62	76.56	62.50	74.77
T. MAR	25.32	20.83	26.56	25.14	19.38
ELEVOFILA	1.14	2.21	0.77	0.37	1.99

Al realizar el análisis de las distancias entre clusters se obtuvo la Tabla 2 que se muestra a continuación.

Tabla 2. Distancias euclidianas entre grupos

STAT	Euclidean Distance Between Cluster				
CLUSTER ANALYSIS	Distances Below Diagonal				
cluster number	1	2	3	4	5
1	0.00	104.52	97.76	367.10	196.43
2	103.22	0.00	359.08	411.32	284.60
3	97.88	18.94	0.00	223.86	421.48
4	19.15	28.48	14.96	0.00	170.07
5	14.01	16.87	20.33	18.23	0.00

Una vez determinados los clusters, con distancias significativas entre una población y otra, se hace necesario determinar a qué grupo han de pertenecer los nuevos casos.

Análisis discriminante

Para determinar la población a que pertenece el nuevo caso se obtuvieron cinco ecuaciones, una para cada población. El método para clasificar el nuevo caso es el siguiente: se evalúa la nueva observación en cada una de las cinco ecuaciones (función de clasificación), correspondiendo el mayor valor obtenido al evaluar las funciones de clasificación, el que indica a cual población pertenece el nuevo caso. Las ecuaciones de clasificación son las siguientes:

$$G1 = -302,118 + 3,892 \text{ Lat} + 4,791 \text{ Lon} + 4,491 \text{ Tmar} + 4,585 \text{ Mes}$$

$$G2 = -342,317 + 4,139 \text{ Lat} + 5,383 \text{ Lon} + 3,773 \text{ Tmar} + 4,419 \text{ Mes}$$

$$G3 = -257,367 + 3,133 \text{ Lat} + 4,407 \text{ Lon} + 4,440 \text{ Tmar} + 4,832 \text{ Mes}$$

$$G4 = -210,420 + 3,381 \text{ Lat} + 3,626 \text{ Lon} + 4,565 \text{ Tmar} + 4,917 \text{ Mes}$$

$$G5 = -288,685 + 4,524 \text{ Lat} + 4,525 \text{ Lon} + 3,978 \text{ Tmar} + 4,502 \text{ Mes}$$

Tabla 3. Por ciento de clasificación correcto

Grupo	% C. Correcto
1	96.33
2	94.91
3	97.93
4	99.15
5	94.26
General	96.44

Análisis de Regresión

Para cada uno de los grupos se ajustó una curva de regresión, no obteniéndose en ninguno de los casos la precisión esperada, el análisis de la población de cada uno de los grupos determinó la no linealidad de la muestra haciéndose necesario subdividir cada uno de los grupos, considerándose mejor subdividir cada uno de estos grupos en base a la variable dependiente y no a los predictores como en el caso anterior. Para detectar el punto de corte, se usó la regresión con punto de ruptura (break point regression) quedando los nuevos grupos subdivididos de la forma siguiente (Tabla 4).

Tabla 4. Estadígrafos de la variable dependiente en cada uno de los sub grupos.

G	SG	NC	Med	Max	Min
1	A	153	0.37	1.13	0.04
	B	38	4.24	12.82	1.29
2	A	77	0.47	1.71	0.09
	B	41	5.49	16.00	2.38
3	A	76	0.08	0.17	0.04
	B	21	0.52	2.20	0.20
4	A	107	0.07	0.27	0.04
	B	12	1.99	5.92	0.33
5	A	97	0.38	1.48	0.05
	B	25	8.20	20.5	2.95

A cada uno de los subgrupos corresponden las funciones de clasificación siguientes:

$$G1A = -579.244 + 8.946 \text{ LAT} + 8.298 \text{ LON} + 10.741 \text{ TMAR} + 3.131 \text{ MES}$$

$$G1B = -581.463 + 9.041 \text{ LAT} + 8.254 \text{ LON} + 10.818 \text{ TMAR} + 3.256 \text{ MES}$$

$$G2A = -417.696 + 6.510 \text{ LAT} + 6.799 \text{ LON} + 2.547 \text{ TMAR} + 0.138 \text{ MES}$$

$$G2B = -426.801 + 6.755 \text{ LAT} + 6.884 \text{ LON} + 2.336 \text{ TMAR} + 0.275 \text{ MES}$$

$$G3A = -247.592 + 1.868 \text{ LAT} + 3.287 \text{ LON} + 7.490 \text{ TMAR} + 7.571 \text{ MES}$$

$$G3B = -247.856 + 1.722 \text{ LAT} + 3.458 \text{ LON} + 7.045 \text{ TMAR} + 7.549 \text{ MES}$$

$$G4A = -172.787 + 2.788 \text{ LAT} + 2.245 \text{ LON} + 5.385 \text{ TMAR} + 6.972 \text{ MES}$$

$$G4B = -168.978 + 2.418 \text{ LAT} + 2.325 \text{ LON} + 5.055 \text{ TMAR} + 7.342 \text{ MES}$$

$$G5A = -252.288 + 4.807 \text{ LAT} + 3.922 \text{ LON} + 2.608 \text{ TMAR} + 3.336 \text{ MES}$$

$$G5B = -278.714 + 5.105 \text{ LAT} + 4.105 \text{ LON} + 2.703 \text{ TMAR} + 2.986 \text{ MES}$$

Tabla 5. Probabilidades de clasificación correcta en los subgrupos

Grupo	% Correcto
1 A, B	69.53
2 A, B	66.94
3 A, B	60.82
4 A, B	79.83
5 A, B	71.31

Ecuaciones de estimación de la clorofila

A partir de los resultados anteriores donde se determinaron los grupos A y B correspondientes a los cinco grupos primarios se aplicó nuevamente el análisis de regresión correlación para obtener las ecuaciones de estimación de la clorofila, las que vienen dadas:

GRUPO 1

$$\text{Cio1A} = 0.089747 + 0.021997 \text{ LAT} - 0.00589 \text{ LON} + 0.01339 \text{ TMAR} - 0.073506 \text{ MES}$$

$$\text{Cio1B} = 14.8965 + 0.0673 \text{ LAT} + 0.1728 \text{ LON} + 0.1391 \text{ TMAR} + 0.0433 \text{ MES}$$

GRUPO 2

$$\text{Cio2A} = 1.427454 + 0.015435 \text{ LAT} - 0.012879 \text{ LON} + 0.000001 \text{ TMAR} - 0.100139 \text{ MES}$$

$$\text{Cio2B} = 24.2632 + 0.2386 \text{ LAT} + 0.1734 \text{ LON} + 0.2771 \text{ TMAR} + 0.948 \text{ MES}$$

GRUPO 3

$$\text{Cio3A} = 0.22934 - 0.003109 \text{ LAT} - 0.000908 \text{ LON} - 0.000052 \text{ TMAR} - 0.013313 \text{ MES}$$

$$\text{Cio3B} = 3.858565 - 0.075823 \text{ LAT} - 0.026808 \text{ LON} + 0.014782 \text{ TMAR} - 0.180452 \text{ MES}$$

GRUPO 4

$$\text{Cio4A} = 0.203623 - 0.003513 \text{ LAT} - 0.000998 \text{ LON} - 0.000071 \text{ TMAR} + 0.00338 \text{ MES}$$

$$\text{Cio4B} = 25.00032 + 0.39040 \text{ LAT} - 1.01985 \text{ TMAR} - 0.55176 \text{ MES}$$

GRUPO 5

$$\text{Cio5A} = 4.37514 + 0.08072 \text{ LAT} + 0.03728 \text{ LON} + 0.00383 \text{ TMAR} - 0.02482 \text{ MES}$$

$$\text{Cio5B} = 36.0229 + 1.1860 \text{ LAT} - 0.0051 \text{ LON} + 0.0327 \text{ TMAR} + 1.1541 \text{ MES}$$

En la Tabla 6 se presentan los coeficientes de correlación y los errores de estimación para cada una de las ecuaciones:

Tabla 6. Coeficientes de correlación y errores de estimación para cada una de las ecuaciones de estimación de la clorofila

GRUPO		r	E (mg / m ³)
1	A	0.60	0.29
	B	0.51	2.60
2	A	0.58	0.36
	B	0.68	3.06
3	A	0.58	0.032
	B	0.63	0.38
4	A	0.61	0.047
	B	0.62	2.07
5	A	0.68	0.27
	B	0.63	4.70

1.5. Configuración del Software OCEANSAT 1

Su característica principal es que trabaja sobre WINDOWS, para su instalación se requieren 2 Mb de memoria en el disco de instalación, y 4 Mb de RAM. El sistema está programado en VISUAL BASIC y hace uso de diversas bibliotecas, tanto del VISUAL BASIC, como del C. Estas bibliotecas están en formato .ddl. El sistema necesita una tarjeta gráfica de 640 x 480 y 255 colores, o sea, una VGA de 512 K. La entrada de información es solamente a través de imágenes de satélites, y hace uso del mouse.

En su primera versión el sistema brindará información puntual de la superficie del océano, consistente en temperatura del mar y concentración de clorofila con la ubicación geográfica de cada punto seleccionado.

Conclusiones

- Existe una marcada correlación entre los valores de clorofila y los valores de temperatura de la superficie del océano, la que se mejora al introducir predictores como latitud, longitud y la época del año.

- La concentración de clorofila tiene una marcada tendencia estacional y regional.

- Los errores de estimación obtenidos son aceptables, pues normalmente se trabaja este campo con un error de estimación para la clorofila superficial entre el 30 y el 40% en el océano abierto y superiores en las zonas costeras.

- El OCEANSAT1 demostró ser una herramienta eficaz para el apoyo a las tareas operativas en este campo y las investigaciones.

- Consideramos que los resultados obtenidos son satisfactorios.

Recomendaciones

- Realizar monitoreos de valores de clorofila.
- Realizar comparaciones de los resultados obtenidos a partir del monitoreo de los valores de clorofila con los que se obtengan en los mismos períodos con el OCEANSAT.

Bibliografía

Brown, O. B., y E. Robert H. (1982): Visible and infrared satellite remote sensing: A status report. Rosenstiel scholl of Marine and atmospheric science. Univ. of Miami.

Brown, O.B. y R.H. Evans (1982): Visible and Infrared satellite Remote Sensing: A Status Report, Washington, U.S.A.

Butler, M. J.A., M.C. Mouchot, V. Barate y C. LeBlanc (1988): The Applications of Remote Sensing Technology to Marine Fisheries: An Introductory Manual, FAO Fisheries Tech. Paper, No. 295, 165 pp.

Jefeckis, R. (1978): A survey of worldwide sea surface temperature fronts detected by environmental satellites, J. Geoph. Res., Vol 83, No. C9

Melo, N. Perez, R. Cerdeira, S.: Variación Espacio-Temporal de los Pigmentos del FITOPLANCTON en zonas del Gran Caribe, a partir de imágenes del satélite NIMBUS 7 (CZCS)

Müller, F. E., et al. (1991): The seasonal phytoplankton concentration and sea surface temperature cycles of the Gulf of México determined by satellite, J. of Geo. Res., Vol 96, No. C7.

Njoku, E.G., et al. (1985): Advances in Satellite Sea Surface Temperature Measurements and Oceanographic Applications, J. Geophys. Res., 90 (66), U.S.A.

Paolo, P., y G. Camilli (1984): Análisis cuantitativo de imágenes infrarrojas de satélites utilizando un equipo de memorización digital. Rev. CIAF, Vol. 9, No. 2-3, pp 57-66.

Platt, T., y S. Shubha (1988): Oceanic primary production: Estimation by remote sensing of local and regional scale. Science, Vol 241.

Robinson, Y. S. (1988): Ocean Applications of Colour and Thermal Imagery from Space, The Hydrographic Journal, No. 49.

Sesna, A. (1984): Fundamentos del procesamiento digital de imágenes con aplicación a los satélites meteorológicos. Revista CIAF, Vol 9, No. 2-3, pp 95-110.

Tadao, A.S. (1982): Remote measurements of the sea surface temperature by multichannel observations from orbital satellite, J. of Met. Soc. of Jap. Vol. 60, No. 6.

Thomas, A. C. y W. J. Emery (1988): Relationships Between Near-Surface Plankton Concentrations, Hydrography, and Satellite - Measured Sea Surface Temperature, J. Geoph. Res., Vol 93, No. C12, pp 15 733 - 15748.

Ulloa, O., T. Platt y Sh. Sathuendmath (1990): Percepción Remota en Oceanografía Biológica: Estimación de la Productividad Primaria, pp. 832-840.

U.S. Department of Commerce (1986): Weather Service Forecasting, Handbook No. 6, Washington, U.S.A.

ABSTRACT

The quantitative determination of the chlorophyll content from satellite images permits to have a global and near immediate vision of the condition of the marine environment that affect the abundance, distribution and availability of fishing resource. Currently it is not possible to get this result with conventional techniques, by the low cruising speed of research ships, that gives occasion to the data lack and improper temporal and spatial resolution of the data.

The objective of this paper is to obtain algorithms that link the sea surface temperature obtained of the satellite imagery (GOES image), with surface chlorophyll concentration obtained of images of CZCS (coastal zone color scanner) of satellite Nimbus, to the time that their results may have an adequate realistic level. For this purpose was to take into account the regional and seasonal character of surface chlorophyll concentration.

The development of these algorithms is supported on digital imagery process and technical of multivariate statistical.