



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA
ESCUELA SUPERIOR DE CIENCIAS MARINAS

"OBTENCION Y PROCESADO DE IMAGENES DE SATELITE PARA
OBSERVACION DE PATRONES DE TEMPERATURA SUPERFICIAL
EN EL GOLFO DE CALIFORNIA."



CURSO DE TITULACION:
PROCESOS LITORALES

MEMORIA
QUE PARA OBTENER
EL TITULO DE
OCEANOLOGO
PRESENTA:

MIGUEL ANGEL TENORIO GONZALEZ

ENSENADA, B. C., NOVIEMBRE DE 1985

BIBLIOTECA CENTRAL ENSENADA

"OBTENCION Y PROCESADO DE IMAGENES DE SATELITE
PARA OBSERVACION DE PATRONES DE
TEMPERATURA SUPERFICIAL EN EL
GOLFO DE CALIFORNIA."

MEMORIA
QUE PRESENTA:

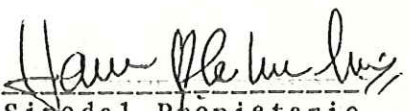
MIGUEL ANGEL TENORIO GONZALEZ

Aprobado por:



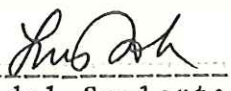
Presidente del Jurado
M. C. Adolfo González C.

C. Nava B.
Sinodal Propietario
M.C. Cuauhtemoc Nava B.



Sinodal Propietario
M.C. Homero Cabrera M.

GUSTAVO ALVAREZ
Sinodal Suplente
M.C. Luis G. Alvarez



Sinodal Suplente
M.C. Luis Fok Pun

"OBTENCION Y PROCESADO DE IMAGENES DE SATELITE PARA
OBSERVACION DE PATRONES DE TEMPERATURA SUPERFICIAL
EN EL GOLFO DE CALIFORNIA."

RESUMEN

EL Avance tecnológico de los sensores remotos ha permitido conocer y entender mejor el comportamiento de los océanos. En algunos casos las técnicas son tan nuevas, que los medios de difusión no son suficientes o adecuados. Tal es el caso de los sensores remotos que van a bordo de los satélites meteorológicos. En este informe se describe una técnica para la obtención y procesamiento de datos de infrarrojo para la superficie del mar. Con técnicas de realzado se observaron características oceánicas que proporcionaron información para 8 imágenes en la banda de infrarrojo ($11.0 \mu\text{m}$). Se describen los patrones de distribución de temperatura superficial, los cuales mostraron tener comportamientos específicos para 3 zonas de Golfo de California. En la parte alta se observaron regiones de agua caliente, la porción central por la costa oeste presentó gran actividad con regiones de aguas frías y en la parte baja se distinguen para algunas de las imágenes patrones de circulación en forma de remolinos de gran escala, con diámetros de hasta 150 km.

A MIS PADRES
Por su integridad

A mis hermanos
por su cariño

A la memoria de Fernando
Siempre lo recordaré como a un hermano

Y a todos mis amigos

AGRADECIMIENTOS

Al C.I.C.E.S.E por brindarme la oportunidad de llevar a cabo mi entrenamiento para el procesado de las imágenes que aquí se presentan.

Al grupo de Procesos Litorales del C.I.C.E.S.E por su apoyo en los momentos difíciles, y especialmente a Fernando Ramírez Ballesteros por las revisiones al manuscrito.

A mi amiga Argelia por su entusiasmo y apoyo decidido durante el curso que culminó con la presentación de este trabajo.

A mi compañero Sergio Ramos, por la elaboración de muchos de los dibujos aquí presentados.

A todas aquellas personas que de alguna u otra forma participaron para la elaboración de este trabajo.

INDICE

RESUMEN.....	i
DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTOS.....	iii
INDICE.....	iv
LISTA DE FIGURAS.....	v
LISTA DE TABLAS.....	vii
GLOSARIO.....	viii
1 INTRODUCCION.....	1
2 MATERIALES Y METODOS.....	4
2.1 El Satélite NOAA-6.....	4
2.2 El Sistema de Recepción y Procesado.....	7
2.2.1 Recepción de información.....	7
2.2.2 Procesado (Sistema IDIMS).....	8
2.3 Descripción del área de estudio.....	11
2.3.1 Elección de Pases y Cobertura de la zona de interés.....	13
2.3.2 Disponibilidad de los Pases.....	16
2.3.3 Selección de la zona de interés.....	17
2.3.4 Registro del Golfo a una malla.....	21
2.4 Generación de la imagen.....	21
2.4.1 Realce de la imagen.....	23
3 RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	28
3.1 Imágenes del 6, 7 y 8 de abril.....	28
3.1.1 Zona alta.....	28
3.1.2 Zona central.....	29
3.1.3 Zona baja.....	30
3.2 Imágenes del 3, 4 y 7 de julio.....	30
3.3 Imagen del 17 de abril.....	32
3.4 Imagen del 18 de mayo.....	34
4 CONCLUSIONES.....	36
5 BIBLIOGRAFIA CITADA.....	38

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.- TIROS-N/NOAA horas de cruce al ecuador.	5
Figura 2.- Ventana atmosférica que permite la mejor detección del infrarrojo por el satélite.	6
Figura 3.- Diagrama que muestra el flujo de la información del sistema de recepción.	6
Figura 4.- Diagrama que muestra el flujo de los datos del sistema IDIMS.	10
Figura 5.- EL Golfo de California, su configuración general y batimetría.	12
Figura 6.- Se muestra el error que se tiene cuando la zona de interés está en los extremos de la cobertura con ángulos grandes de nadir.	14
Figura 7.- Dos tipos de coberturas del satélite NOAA-6: a).- Cobertura típica ideal de un Pase ascendente; b).-Ejemplo de una cobertura mala, e Golfo de encuentra en los extremos del Pase.	15
Figura 8.- Diagrama que muestra las etapas a seguir para obtener una imagen correcta.	18
Figura 9.-Selección de la zona de interés y registro de la imagen usando los programas TLIN y REGISTER. a).-Cobertura general, b).-Seccionado con TLIN., c).-Registro a una malla.	22
Figura 10.- Ilustración de la definición de 'pixel', su localización y escala de grises que éste puede tomar.	25
Figura 11.- Histograma de número de 'pixels' por grado de intensidad.	26
Figura 12.- Curva típica de la Función de Transferencia usada para el realce de las imágenes procesadas.	26
Figura 13.- Patrones de distribución de temperatura superficial para los días 6, 7 y 8 de abril de 1985.	31

Figura 14.- Proceso de 'surgencia' bien marcado con la presencia de la "pluma" de agua fría, con máximo para el 4 de julio. 33

Figura 15.- Grandes masas de agua fría que destacan sobre todo el Golfo, y algunos "parches" de agua caliente en la parte alta. 35

LISTA DE TABLAS

Tabla I.- Características del satélite meteorológico NOAA-6.	6
Tabla II.- Especificaciones del sensor AVHRR.	6
Tabla III.- Protocolo que realiza el usuario al trabajar con el programa TLIN.	20
Tabla IV.- Rangos de temperatura encontrado en diferentes océanos para diferentes latitudes. (Sverdrup, 1970).	25

G L O S A R I O

ALT: Altimetro.-Instrumento con laser para medir distancias precisas mediante el tiempo de viaje (ida y vuelta) de pequeños impulsos de radiación electromagnética.

AVHRR: Advanced Very High Resolution Radiometer.(Radiometro Avanzado de Muy Alta Resolución).

DCS: Data Collection and Location System.(Sistema de Localización y Colección de Datos).

GMT: Greenwich Mean Time.(Hora del Meridiano de Greenwich).

HRPT: High Resolution Picture Transmission.(Transmisión de Película de Alta Resolución).

IDIMS: Interactive Digital Image Manipulation System.(Sistema Interactivo para Manipulación de Imágenes Digitales).

IHS: Information Handling Subsystem.(Subsistema para Manejo de la Información).

IFOV: Instantaneous Field of View.(Campo de Vista Instantáneo).

IR: Infrarrojo.- Radiación la cual tiene longitudes de onda mayores que el rojo visible (>750), pero menores que ondas submilimétricas (<0.0).

MSS: Multispectral Scanner.(Barredor Multibanda).

NOAA: National Oceanic and Atmospheric Administration.(Administración Nacional de la Atmósfera y del

Atmósfera).

Nadir: Punto sobre la superficie terrestre formado por una línea del centro de la tierra a la nave espacial.

NEDT: Noise Equivalent Differential Temperature. (Temperatura Diferencial Equivalente al Ruido).

Pixel: Picture Element. (Elemento ó unidad de imagen).

SMR: Scanning Multispectral Microwave Radiometer. (Radiómetro de Microondas con Barredor Multibanda).

SAR: Synthetic Aperture Radar. (Radar de Apertura Sintética).

SRSF: Satellite Remote Sensing Facility. (Estación para Sensores Remotos de Satélite).

1 INTRODUCCION

Desde hace unas décadas el Oceanógrafo ha usado los sensores remotos como una herramienta, quizá uno de los más antiguos es la ecosonda con la cual hemos podido conocer la topografía del fondo marino. En los últimos años el avance tecnológico ha dado lugar a que tanto los oceanógrafos como los meteorólogos vean el océano y atmósfera con otra perspectiva. La instrumentación a bordo de los satélites TIROS-N NOAA-H y en particular el Radiómetro Avanzado de Muy Alta Resolución (AVHRR), nos ha permitido ver características del comportamiento de las masas de agua superficiales del mar. El radar de Microondas (MR) nos ha dado idea de la salinidad de la superficie del mar basado en las propiedades del agua como dieléctrico. El Barredor Multibanda (MSS) proporciona mediante el uso correcto de las bandas espectrales, información sobre la concentración de las clorofilas así como de sedimentos. El Altimetro (ALT) que mide la órbita del satélite sobre la superficie del mar con una precisión de más menos 7 cm (Stewart, 1981), y finalmente el Radar de Apertura Sintética (SAR) que mide la longitud de onda del oleaje con una precisión de más menos el 3% y de más menos 2° en su dirección.

Es responsabilidad del Oceanógrafo hacerse las siguientes preguntas: Qué procesos oceanográficos pueden ser vistos y en qué medida nos pueden ser útiles? Qué tan bien las escalas de variabilidad temporal y espacial del océano están de acuerdo con las del satélite?. Las respuestas a estas preguntas y otras se encuentran esparcidas en varios campos de la ciencia, esencialmente debido a que el desarrollo de la instrumentación se ha llevado a cabo fuera del contexto oceanográfico, de tal forma que el nuevo usuario puede encontrar problemas si no está enterado de las suposiciones de importancia las cuales, llevan a una interpretación correcta de los datos de un instrumento en particular.

El sensor que más se ha venido usando es el Radiómetro. En 1953 Henry Stommel y William vonArx entre otros, colocaron en un avión un termómetro de radiación infrarroja y volaron sobre la costa Este de Estados Unidos, localizando lo que ahora se ha interpretado como remolinos de esfuerzo cortante horizontal. En 1964 E.D. Mc Allister encuentra que dos longitudes de onda de la banda de infrarrojo pueden proporcionar correcciones para la atenuación atmosférica. Actualmente el uso de los sensores remotos de satélites es más generalizado y gracias a esto se han podido observar procesos, que por las escalas de tiempo y sobre todo de espacio nos han

revelado comportamientos de vital interés de la superficie del mar, como la detección del fenómeno "El Niño" durante 1982-1983 con el AVHRR (Fielder, 1984), evidencias claras de surgencia en todo el talud continental europeo (Dickson, 1980) y más recientemente en una de las zonas que promete revelar gran información debido a su poca nubosidad, que es el Golfo de California. En éste último se han realizado algunos trabajos como el que Badan, et al (1985) que hacen una descripción de distribución de temperatura para primavera-verano.

con el fin de dar a conocer la manera adecuada del uso de los sensores remotos, en particular el Radiómetro (AVHRR), éste trabajo mostrará paso a paso la manera de obtenerse los datos de éste instrumento que está a bordo del satélite meteorológico NOAA-6. Así, también, se analizarán los diferentes sistemas que intervienen para obtener una interpretación correcta, llegando hasta el procesamiento de las imágenes digitales y realce de los patrones de distribución de temperatura superficial del océano. Se procesarán 8 imágenes del Golfo de California, con el fin de mostrar la aplicación de ésta metodología y observar las características anteriormente mencionadas.

2 MATERIALES Y METODOS

2.1 El Satélite NOAA-6.

Este es un satélite para uso meteorológico con órbita polar (fig.1) con varios sensores que miden diferentes parámetros además de la radiación infrarroja de la superficie del planeta.

El AVHRR es el único instrumento del cual se procesó información para los fines de este trabajo. Este sensor cuenta con 5 canales de información, cada uno de ellos trabaja en diferentes bandas espectrales (Schwalb, 1978):

Canal 1	0.58 - 0.68 μm
Canal 2	0.725 - 1.1 μm
Canal 3	3.55 - 3.93 μm
Canal 4	10.3 - 11.3 μm
Canal 5	11.5 - 12.5 μm

La información del canal 4 es la que se usó para obtener los datos de temperatura superficial del mar, ya que en esta banda (Tabla 1) se encuentra una de las llamadas "ventanas atmosféricas" (Maul, 1985; Machado,

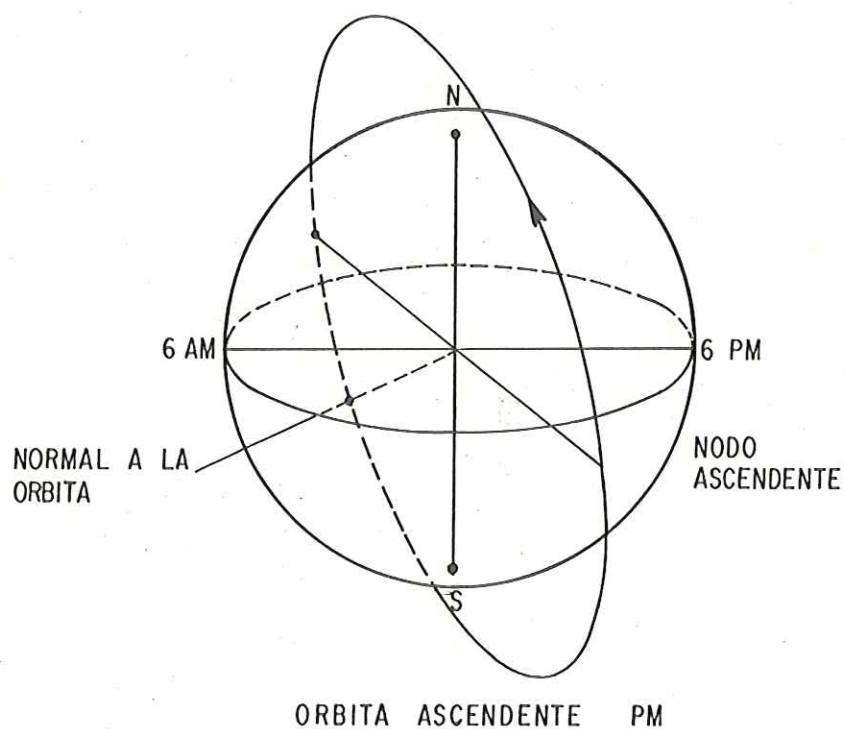
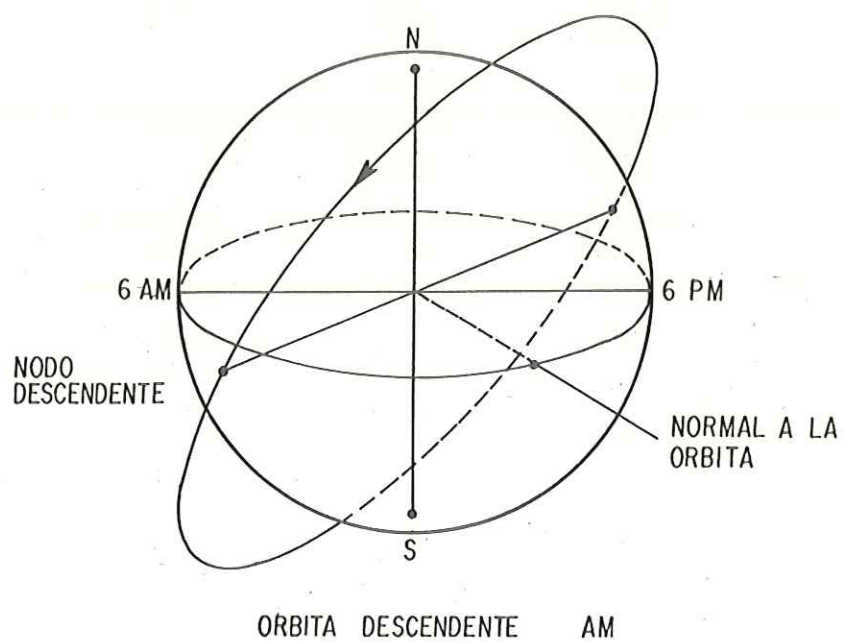


FIGURA 1.- TIROS - N/NOAA horas de cruce al ecuador.

TABLA I.- Características del satélite meteorológico NOAA-6

Nave espacial:	Peso total (incluyendo los que se gastan)	1421 kg. (3127 lb)
Carga:	Peso incluyendo grabadoras	194 kg. (427 lb)
	Reservado para crecimiento	36 kg. (80 lb)
Instrumentos:	Radiómetro avanzado de muy alta resolución (AVHRR) Sonda de Radiación infrarroja de alta resolución (HIRS/2) Unidad de Sonda Estratosférica (SSU) Unidad de Sonda de Microondas (MSU) Sistema - ARGOS de Colección de Datos (DCS) Monitor del medio ambiente espacial (SEM)	
Tamaño de la nave:	3.71 metros de largo, 1.88 metros de diámetro	
Arreglo solar:	11.6 metros cuadrados, 420 watts.	
Fuentes del Pacer:	Operación completa 330 watts.	
Sistema de Control de posicionamiento:	0.2° en todos los ejes.	
COMUNICACIONES		
Mando de enlace:	148.50 MHz	
Señal localización (BEACON):	136.77; 137.77 MHz.	
Banda - S:	1698; 1702.5; 1707 MHz.	
APT:	137.50; 137.62 MHz.	
DCS (enlace tierra-satélite)	401.65 Mhz.	
Procesado de Datos:	Todos digitales (APT; analógico)	
Orbita:	833; 870 km. nominales	
Vehículo de lanzamiento:	Atlas E/F	
Tiempo de Vida:	Planeado para 2 años	

TABLA II.- Especificaciones del sensor AVHRR.

PARAMETRO	VALOR
Calibración	Cuerpo negro y el espacio para los canales infrarrojos.
Barrido a través de la trayectoria	+ 55.4 de nadir
Velocidad de barrido	360 líneas por minuto
Campo de vista óptico	1.3 miliradianes
Resolución en superficie	1.1 km. en nadir

1971, Fig.2), la cual nos permite tener una mejor detección.

2.2 El Sistema de Recepción y Procesado.

2.2.1 Recepción de información

Este incluye la antena parabólica, y el microprocesador (DRT) que cuenta con la efemérides de los satélites, el Subsistema de Manejo de Información (IHS) y el Sistema Interactivo Digital de Manipulación de Imágenes (IDIMS). El diagrama de la Fig. 3 muestra las componentes del sistema.

El microprocesador de la sección DRT es alimentado constantemente con datos de ajuste a las trayectorias de los satélites así como de tiempo, logrando las correcciones necesarias para que la antena rastreadora esté en sincronía con el paso del satélite y lo detecte al aparecer en el horizonte. La parte del subsistema de manejo de información, se compone de dos grabadoras de

alta velocidad analógicas (Honeywell 96) en la que se guarda toda la información referente al satélite en cuestión, como datos de control y condición de vuelo de la nave además del paquete de millones de datos que proporcionan todos los instrumentos de abordo.

Los sistemas DRT y IHS son puramente de control, ordenamiento y canalización de la señal del satélite, su funcionamiento está totalmente basado en "hardware" y es prácticamente automático. Enseguida se hace una breve descripción del sistema IDIMS que es en donde se lleva a cabo el procesado de las imágenes.

2.2.2 Procesado (Sistema IDIMS)

Su centro de operación es una computadora HEWLETT PACKARD 3000 series II, conectada a tres unidades de cinta, dos de disco rígido con capacidad de 120 M Bytes cada uno, una impresora VERSATEC 1200, 3 Terminales y el Sistema DE ANZA con su pantalla CONRAC con resolución de 512 x 512 pixeles (ver Glosario). El diagrama de la Fig.4 muestra claramente la distribución de este sistema.

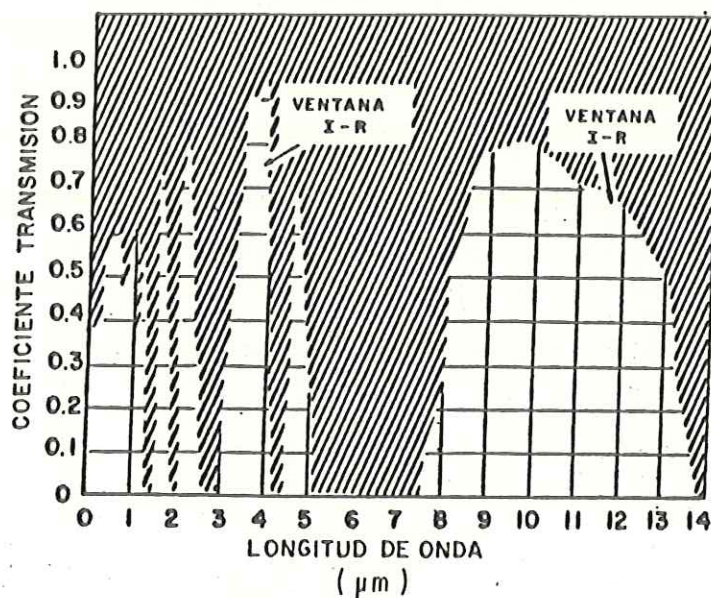
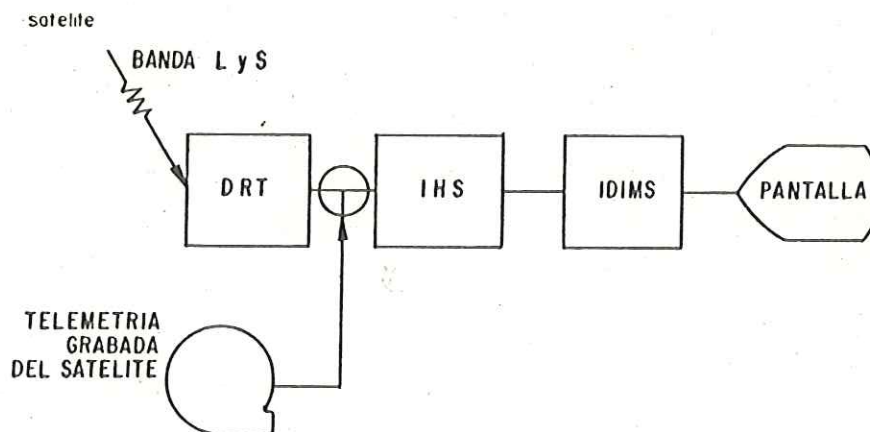


FIGURA 2.- Ventana Atmosférica que permite la mejor detección del infrarojo por el satélite.



DRT - TERMINAL DE RECEPCION DIRECTA
 IHS - SUBSISTEMA PARA MANEJO DE INFORMACION
 IDIMS - SISTEMA INTERACTIVO PARA MANIPULACION DE
 IMAGENES DIGITALES

FIGURA 3.- Diagrama de flujo de la información del sistema de recepción

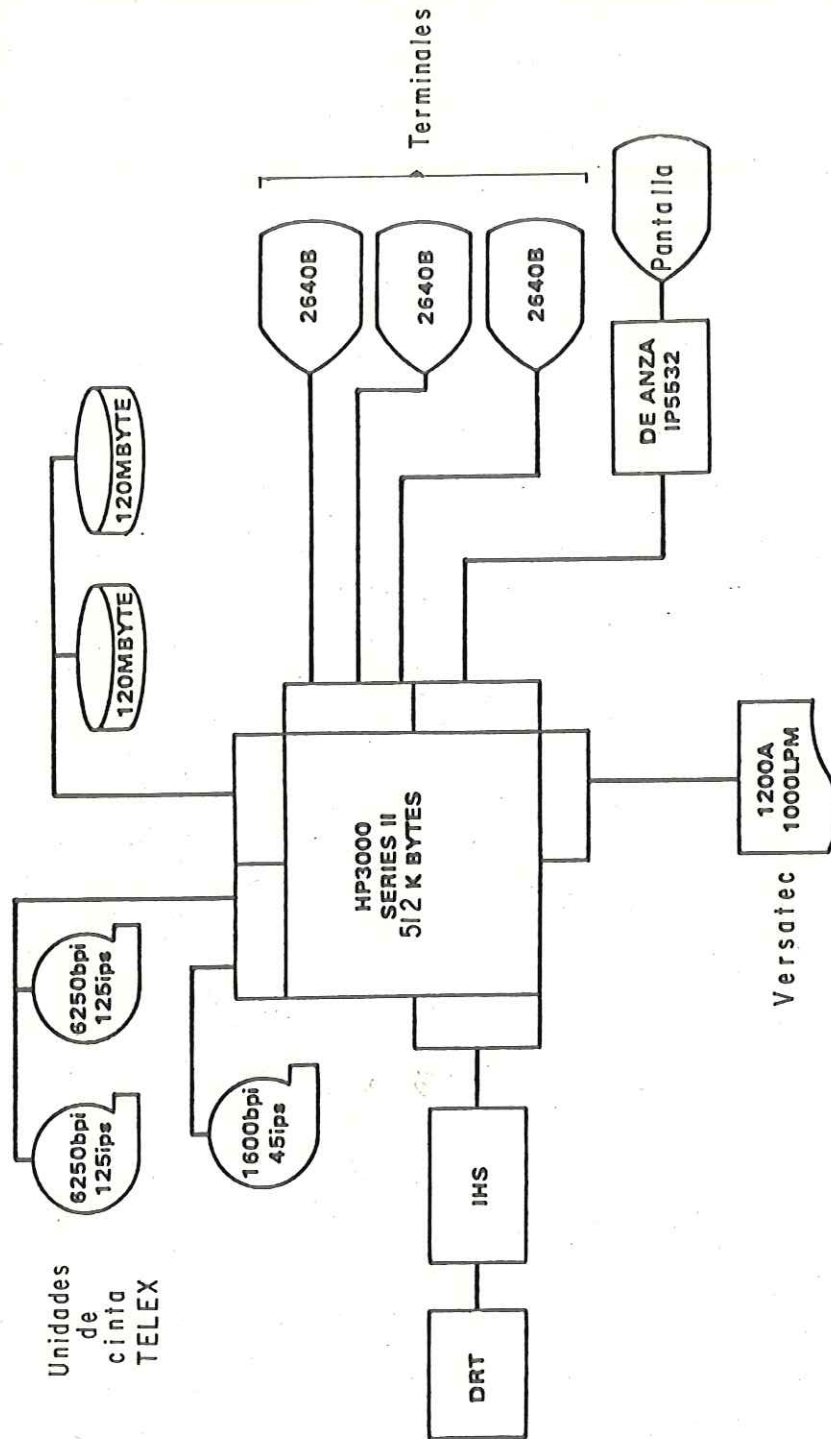


FIGURA 4- Diagrama de flujo de información del sistema IDIMS

2.3 Descripción del área de estudio

El Golfo de California con Latitud 32 Longitud 115 en el norte y Latitud 23 Longitud 108 en el sur es de forma alargada que casi coincide con la alineación Noroeste-sureste, su longitud es cercana a los 1,000 km y su ancho varía entre 100 y 200 km (Fig.5). En la parte norte se localiza la Isla Angel de la Guarda de aproximadamente 200 km de largo y 30 km de ancho, unos 150 km hacia el Sur y cercana a las costas de Sonora se encuentra Isla Tiburón con una área aproximada de 300 km cuadrados, ambas presentan uno de los lugares más interesantes, por la batimetría que les rodea y su cercanía con la península en donde se forma un canal con profundidades de hasta 1,200 y 1,400 m en sus proximidades con la Isla San Lorenzo, localizada a unos 300 km al sur. La parte sur del Golfo consiste en una serie de cuencas que se van haciendo más profundas con 200 m en el centro de la cuenca de Guaymas, a profundidades de 3,000 m en la boca del golfo (Badan, et al 1985). Las mareas, los vientos, la radiación solar y la conexión con el Océano Pacífico son causa de la gran actividad en las masas de agua.

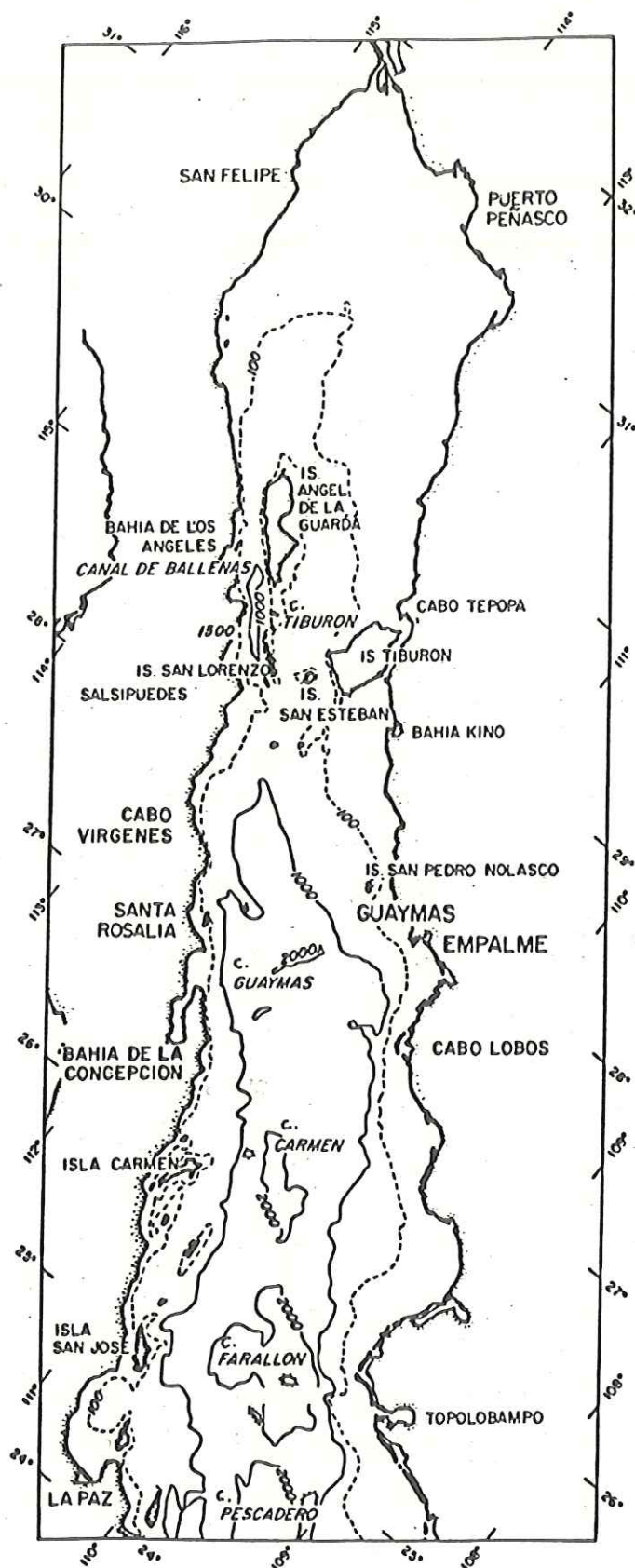


FIGURA 5.- El Golfo de California, configuración y batimetría general en metros.

2.3.1 Elección de Pases y Cobertura de la zona de interés.

Ya que el satélite tiene órbita polar y su cobertura es global no siempre va a pasar por arriba del golfo, para esto realizamos un listado de las efemérides del satélite NOAA-6, con objeto de saber cuando pasó por el Golfo de California.

Debemos de poner especial interés en el curso de la línea de mayor aproximación del satélite con la línea de tierra (línea de trayectoria) de tal forma que evitemos errores dados por un ángulo grande del nadir (Fig.6).

En la Fig.7 se presentan dos mapas en proyección equirectangulares que muestran la cobertura típica del satélite; en una (a) se ve como el Golfo de California está exactamente en la trayectoria, en cambio, la cobertura de (b) ilustra que aunque el Golfo de California se encuentra dentro de sus márgenes, lo ve el radiómetro con un ángulo muy grande de nadir, dando esto errores a la hora de proyectarlo en un plano.

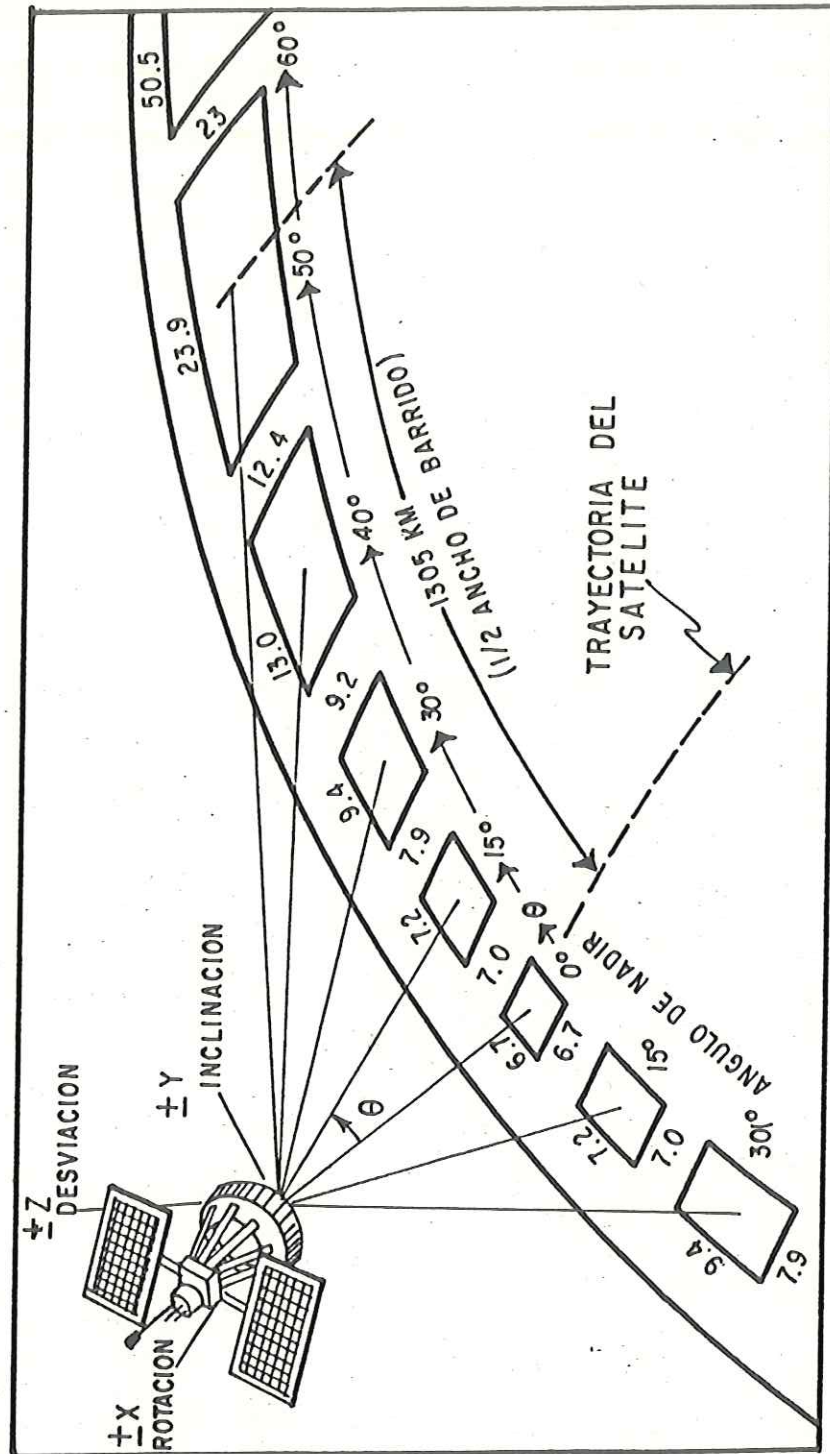


FIGURA 6.- Ilustra el error que se puede tener cuando la zona de interés esta en los extremos de la cobertura. (angulos grandes de nadir).

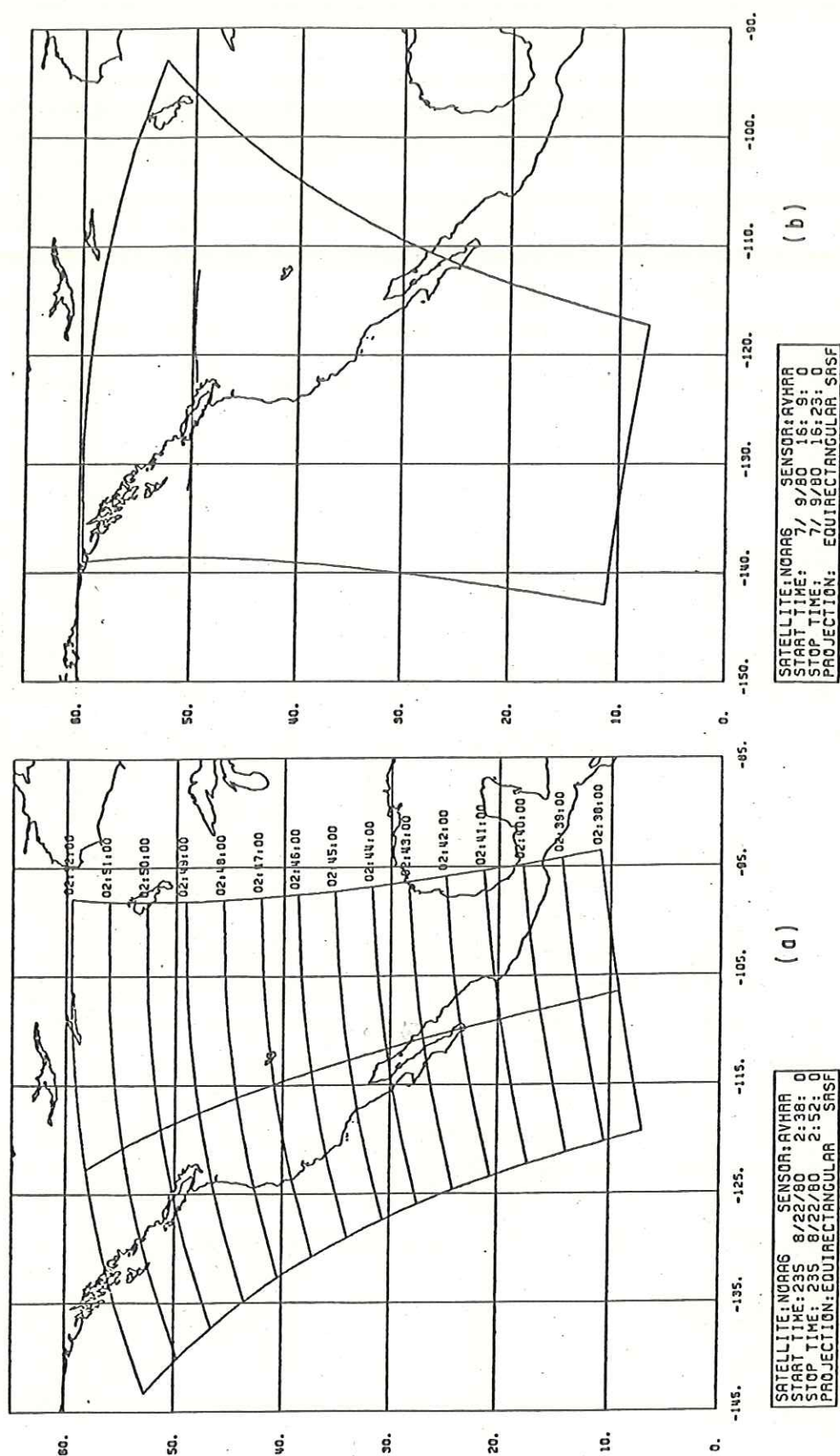


FIGURA 7.— Dos tipos de coberturas del satellite NOAA-6: a).— Cobertura típica ideal de un pase ascendente; b).— Ejemplo de una cobertura mala, el Golfo se encuentra en los extremos del pase.

2.3.2 Disponibilidad de los Pases

Todos los pases del satélite se tomaron en la Estación Receptora de Sensores Remotos de Scripps (SRSF), en La Jolla California. Para que se archive un Pase (quede grabado en cinta a disposición del usuario), tiene que intervenir el operador de la estación y ordenar al microprocesador de la unidad de rastreo que colecte los datos del Pase. Una vez realizado esto se pasa la información de la cinta magnetica de alta velocidad (datos crudos) a cinta de 9 pistas mediante el uso del programa denominado ARCHIVE (Young(a), 1981), que identifica el Pase apropiadamente, éste se etiqueta y pasa a formar parte del archivo general del usuario.

Existen tres causas por las cuales el operador deja de tomar el pase: 1) a su criterio determina que hay bastante nubosidad como para que el Pase sea de utilidad, 2) cuando en el análisis de las efemérides se encuentra que la cobertura no es la adecuada para una zona en particular, 3) cuando el satélite esta cercano a dejar de operar de acuerdo a las especificaciones, debido a su tiempo de vida.

Tomando en consideración lo anterior y eliminando

aquellas imágenes, que, aunque con buena cobertura pero presentan alta nubosidad en el Golfo, se seleccionaron 8 Pases para el año de 1980 correspondientes a los días 6,7,8 y 17 de abril 18 de mayo 3,4 y 7 de julio.

El diagrama de la figura 8 muestra el procedimiento a seguir para obtener una imagen que esté compuesta de información correcta.

2.3.3 Selección de la zona de interés.

La cobertura de un Pase es de cerca de 3600 líneas de barrido, y de acuerdo a lo que se vió en la tabla II, cada línea tiene 1.1 km de ancho, por lo tanto estamos hablando de una longitud del Pase de aproximadamente 3600 km (en nadir, y a lo largo de la trayectoria) y de 2500 muestras de ancho (aproximadamente 2500 km), como se puede ver en la figura 7a nuestra zona de interés solo representa una porción de éste. Aplicando el programa TLIN (Telemetry Input, Young(b), 1981) podemos no sólo seccionar la franja adecuada sino lograr una orientación a la cual estamos acostumbrados (Norte arriba, Sur abajo) para el caso de que el Pase sea ascendente y además lograr una proyección

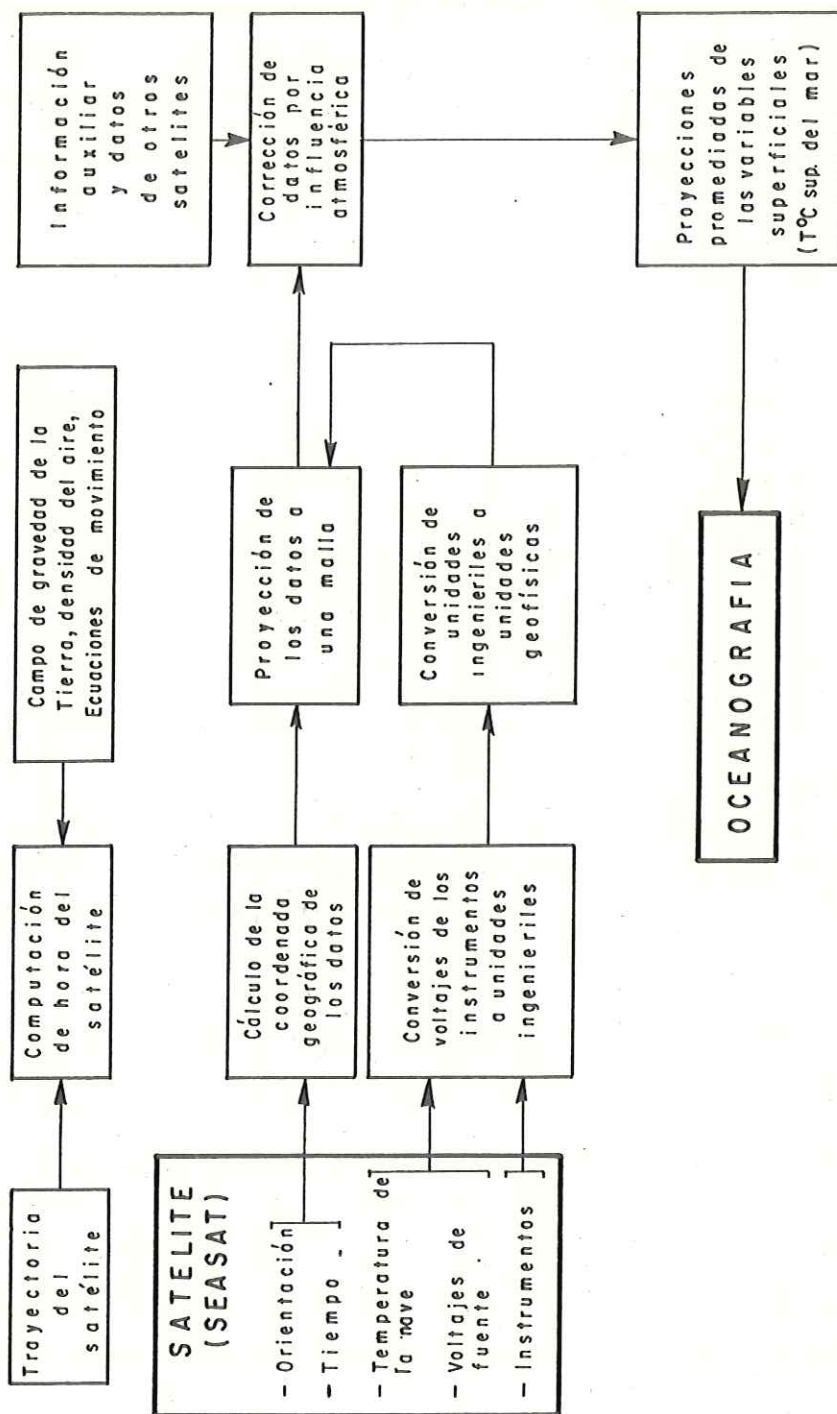


FIGURA 8.- Diagrama que muestra las etapas a seguir para obtener una imagen correcta.

adecuada.

En el listado de la tabla III se puede ver el protocolo que se lleva a cabo con el programa TLIN, el cual pregunta primero el código del Pase, ejemplo:

NOA680346031940.ARCH

que para su mejor descripción lo podemos separar:

NOA6 80 346 03:19:40 . ARCH

donde:

NOA6	Satélite en cuestión
80	el año que se tomo el Pase
346	el día juliano, (12 de diciembre)
03:19:40	la hora en que se inició la recepción
ARCH	a la disposición del usuario

Como se puede ver, el programa nos coloca en una localidad geográfica (Latitud, Longitud), y ésta, pasa a ser el centro de nuestra imagen compuesta del número de líneas y muestras que hayamos escogido, (fig. 9a) en este caso:

Latitud (NORTH LAT): 28 00 00 Norte

Longitud (WEST LONG): 112 00 00 Oeste

Número de líneas (NL): 1200

Número de muestras (NS): 1200

TABLA III.- Protocolo que realiza el usuario al trabajar con el programa TLIN.

```

>TLIN>EXAMPLE2
PLEASE SUPPLY PARAMETER VALUES FOR FUNCTION TLIN
PASSID CHAR STRING:NOA680346031940.ARCH
SENSORS INTEGER ARRAY (DEFAULT=??):1
SPEC CHAR STRING (DEFAULT=LINE):LOC
GEOMTRIC CHAR STRING (DEFAULT=YES ):
TIMEADJ SIMPLE REAL (DEFAULT= .000000E+00):
LINEINC SIMPLE INTEGER (DEFAULT=1):
SAMPINC SIMPLE INTEGER (DEFAULT=1):
NORTHLAT INTEGER ARRAY:33 0 0
WESTLON INTEGER ARRAY:119 30 0
NL SIMPLE INTEGER (DEFAULT=512):256
NS SIMPLE INTEGER (DEFAULT=512):256
BANDLIST INTEGER ARRAY:3 4

N LAT (DEG) = 33.00 W LON (DEG) = 119.50 TOTAL LINES = 3778
ITER= 1 LINE=1889 SAMP=1282 DIST= 322.1
ITER= 2 LINE=2089 SAMP=1073 DIST= 39.5
ITER= 3 LINE=2115 SAMP=1048 DIST= 4.9
ITER= 4 LINE=2119 SAMP=1045 DIST= .7
SL = 1991 SS = 924 CL = 2119 CS = 1052
GROUND SPEED (KM/SEC) = 6.67325 MIRROR TILT = .00000
DISTANCE BETW. LINES = 1.11221 DISTANCE BETW. SAMP = 1.11221
PERIOD (MIN) = 101.18900 ELEVATION (KM) = 820.27030
START TIME FOR DATA = 3:25:12
*** WARNING. INTERNAL TARGET. DELTA= 17 FOR CHANNEL 3. LIMIT= 6 1
*** WARNING. INTERNAL TARGET. DELTA= 5 FOR CHANNEL 4. LIMIT= 3 1
*** WARNING. INTERNAL TARGET. DELTA= 5 FOR CHANNEL 5. LIMIT= 3 1
*** WARNING. SPACE SCAN. DELTA= 12 FOR CHANNEL 3. LIMIT= 3 1
End Function--TLIN

```

2.3.4 Registro del Golfo a una malla.

El Golfo en la figura 9b está diagonalmente orientado con respecto al Norte, con el fin de minimizar el tiempo de procesado y facilitar el desplegado de las imágenes en la pantalla se usó el programa denominado HAKEGRID y tomando como esquina superior izquierda (Lat. 31, Lon. 116) se generó una imagen-registro de 1024 líneas (NL) y 300 muestras (NS) y se rotó aproximadamente 45 grados en el sentido de las manecillas del reloj, para terminar con una imagen vertical (fig. 9c), logrando así rápido desplegado en la pantalla.

2.4 Generación de la imagen.

Si se tuviese una imagen formada con una línea y una muestra, ésta sería un punto, que dependiendo de lo que haya captado el radiómetro variaría su brillantez cuando éste se proyecte en la pantalla. A este punto se le llama "Pixel" (Castleman, 1979) que es una abreviación para decir "unidad o elemento de imagen". Cada pixel que nos formase una imagen tendría una luminosidad que correspondería

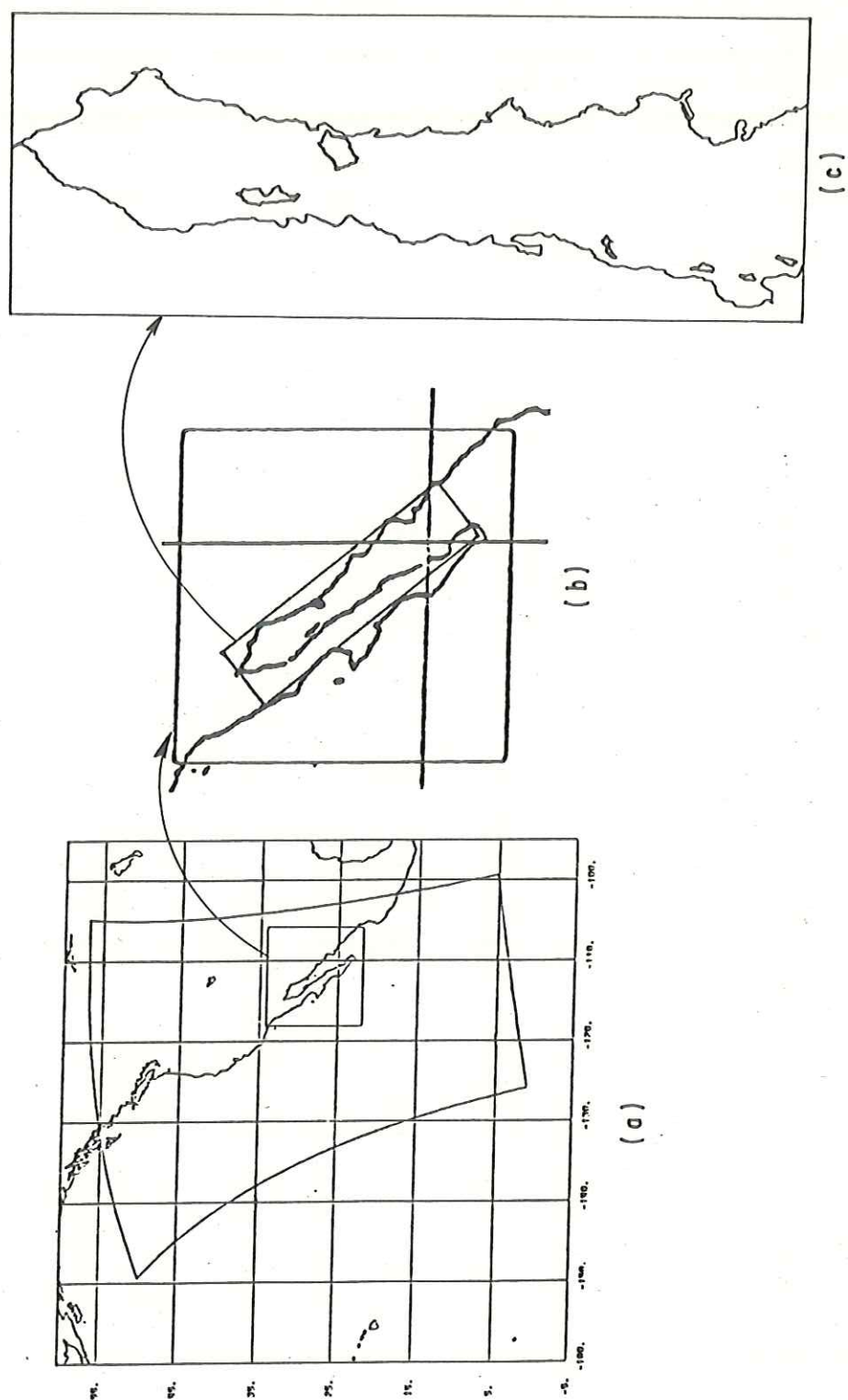


FIGURA 9.- Selección de la zona de interés y registro de la imagen usando los programas TLIN y REGISTER. a).- Cobertura general, b).- Seccionado con TLIN., c).- Registro a una malla.

directamente con la radiación captada con el Radiómetro para esa posición sobre la superficie de la tierra. Si tenemos una pantalla que está formada por 267,144 pixels con diferentes grados de brillantez tendríamos una imagen digital. En la figura 10 se muestra la localización de un pixel, la separación entre ellos y la escala de grises del valor que pueden tomar.

De acuerdo a las características del radiómetro su resolución es de 10 Bits o sea tiene 1024 niveles de radiación que transmite a la estación terrena. Sin embargo el sistema de desplegado DE ANZA tiene una resolución de 8 Bits de tal forma que cada cuatro tonos adyacentes de gris van a estar promediados y proyectados a la pantalla resultando así 256 tonos de gris con el cero como blanco y el 255 como negro.

2.4.1 Realce de la imagen.

Como se mencionó al principio el satélite NOAA-6 fue diseñado para estudios meteorológicos de tal forma que el radiómetro tiene un rango de detección que va aproximadamente de los 225 a 310 grados Kelvin (-48 a 37

grados Celsius), éste rango es bastante amplio comparado con el rango de temperaturas encontrado en la superficie del mar que va aproximadamente de los 271 a 301 grados Kelvin (-1.5 a 28 grados celsius, tabla IV). Esto significa que al ver una imagen sin procesar difícilmente se van a observar características de la temperatura superficial del mar, entonces aplicamos técnicas de realzado.

Se hace un histograma de número de pixels por tonalidad de gris y se detecta la zona que representa características oceánicas, como se muestra en la figura 11. Para realzar las imágenes se aplica una función de transferencia con la cual se hacen todos los valores menores de aproximadamente -2 grados Celsius 0, en la escala de grises y aquellos valores mayores de 30 grados Celsius tendrán el valor de 255 correspondiente al negro. Posteriormente se le asigna a éste rango ("rango oceánico") 256 tonos de gris con los frios hacia los tonos blancos y los calientes hacia los tonos negros (fig. 12).

A cada imagen se le aplicó una función de transferencia distinta con el fin de distinguir lo mejor posible la distribución de patrones de temperatura. Por consiguiente no son válidas las comparaciones entre las imágenes. Por la misma razón ninguna de las imágenes fue

TABLA IV.— Rangos de temperatura encontrado en diferentes oceanos para diferentes latitudes. (Sverdrup, 1970).

Latitud Norte	Oceano Atlántico	Oceano Indico	Oceano Pacífico	Latitud Sur	Oceano Atlántico	Oceano Indico	Oceano Pacífico
70°-60°.....	5.60			70°-60°.....	- 1.30	- 1.50	- 1.30
60 -50.....	8.66		5.74	60 -50.....	1.76	1.63	5.00
50 -40.....	13.16		9.99	50 -40.....	8.68	8.67	11.16
40 -30.....	20.40		18.62	40 -30.....	16.90	17.00	16.98
30 -20.....	24.16	26.14	23.38	30 -20.....	21.20	22.53	21.53
20 -10.....	25.81	27.23	26.42	20 -10.....	23.16	25.85	25.11
10 - 0.....	26.66	27.88	27.20	10 - 0.....	25.18	27.41	26.01

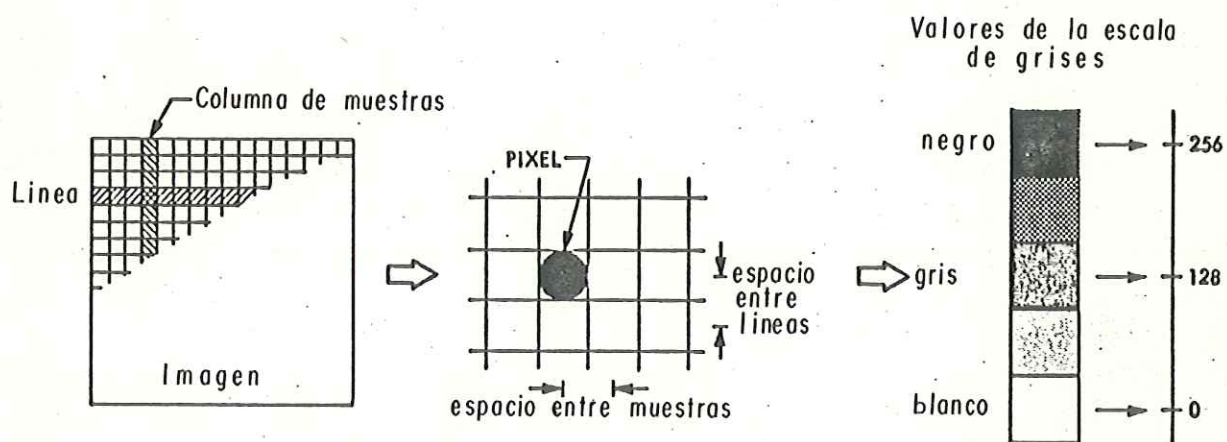


FIGURA 10.— Ilustración de la definición "Pixel", su localización (NL, NS) y el valor en la escala de grises que este puede tomar.

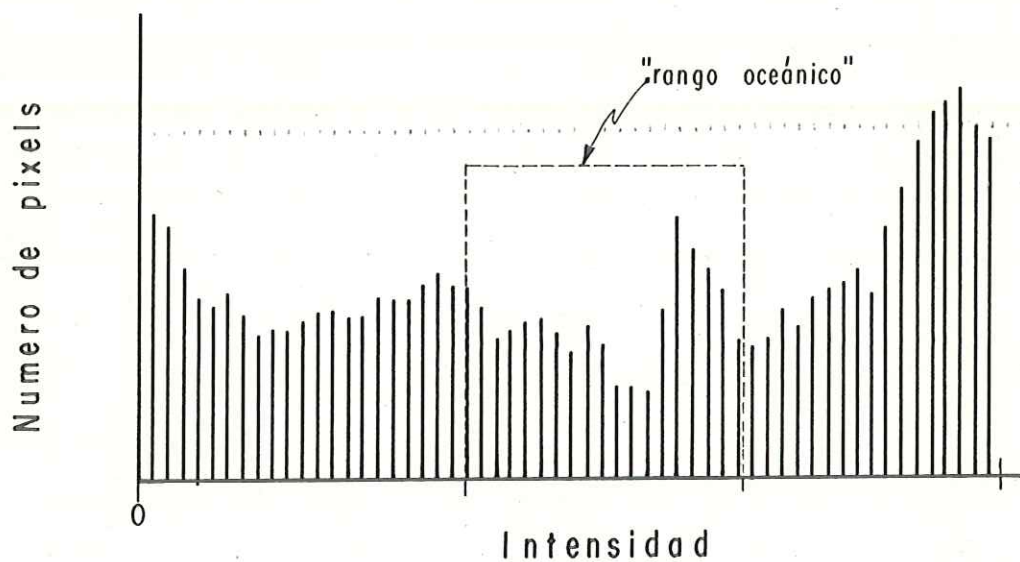


FIGURA 11.- Histograma de número de "pixels" por grado de intensidad.

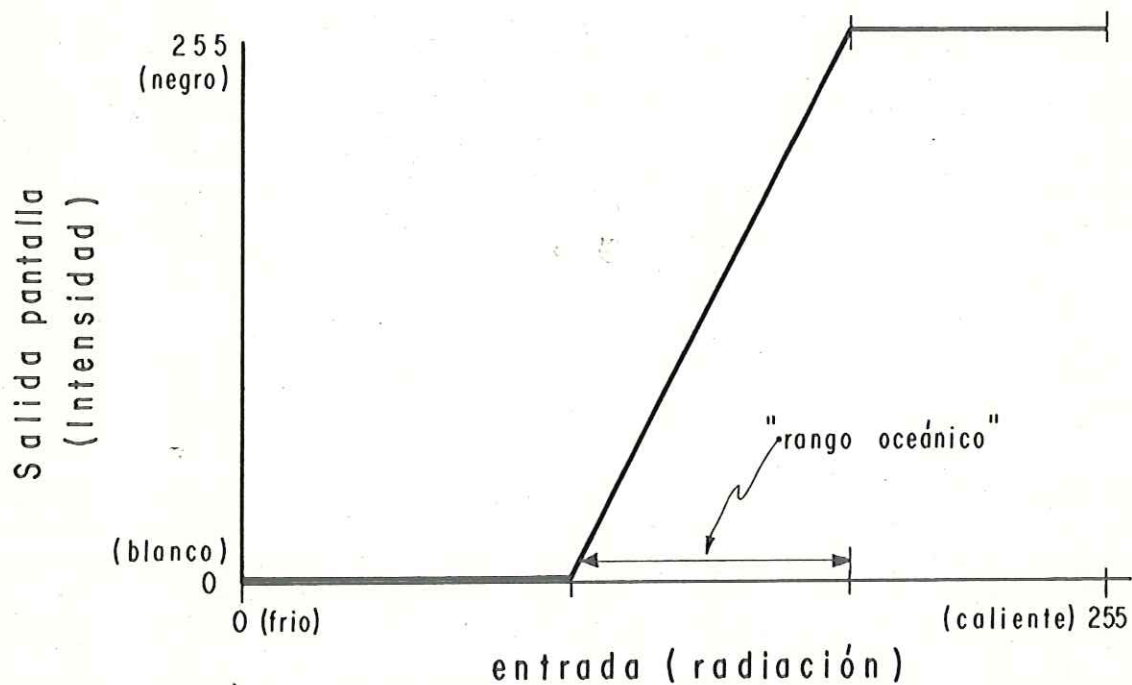


FIGURA 12.- Curva de la función de Transferencia que se aplicó para el realce de las imágenes.

calibrada ya que este trabajo no pretende hacer un análisis cuantitativo. Esto no nos limita para poder hacer un análisis cualitativo adecuado, y logramos también reducir el tiempo de procesado a un 30%. Para la presentación de los resultados, las imágenes que se obtuvieron (transparencias) fueron proyectadas, y en base a éstas se dibujaron en papel (figuras 13, 14 y 15) aquellos patrones mas importantes o que fueron característicos de una imagen determinada.

3 RESULTADOS Y DISCUSIONES

Para facilitar la observación de los patrones que se encontraron, se dividió el Golfo de California en tres secciones, alta, central, y baja como se ilustra en la figura 13a. Esto se hizo ya que en las 8 imágenes se encontró que cada una de las secciones tienen patrones característicos que las distinguen. La imagen del 7 de abril (fig. 13c) es la mas representativa de todas. En esta se aprecian con gran detalle y en las tres zonas las condiciones oceánicas que a continuación se describen:

3.1 Imágenes del 6, 7 y 8 de abril

3.1.1 Zona alta

En la parte alta (fig.13) se observaron dos grupos de patrones de distribución de temperatura superficial que semejan a "parches" circulares de agua caliente, uno de ellos se encuentra cercano a la Isla Angel de la Guarda

sobre la Cuenca Delfín, con un diametro de aproximadamente 30 Km, el otro "parche" está en el centro de la zona alta, y con un diametro aproximado de 20 Km. Para las imágenes de un día antes (6 de abril) y un día después (8 abril) no se observó este último patrón, lo cual nos indica que son fenómenos de corta duración o rápida evolución (figs. 13b y 13d respectivamente). Esta característica no se observó en ninguna de las otras imágenes.

3.1.2 Zona central

En la parte central (fig.13) se presentan zonas de agua fría en una u otra costa para todas las imágenes, la del 7 de abril no tiene un patrón bien marcado como lo presentan otras sin embargo sus gradientes son bastante grandes, observado al hacer el análisis de las imágenes (transparencias) en las que se ven gran cambio en la luminosidad entre pixeles cercanos.

3.1.3 Zona baja

En la parte baja del Golfo (fig.13) que contiene las cuencas mas profundas que son la de Carmen y Farallon, se observaron remolinos del agua superficial de gran escala, con diámetros de casi del ancho del Golfo para esta zona. En los dos remolinos que se observaron el sentido rotación fué el de las manecillas del reloj. En la imagen del 6 de abril (un dia antes) el remolino que se encuentra mas al Sur, todavia no se forma, lo cual indica que es un proceso de dias de duración. Esto lo corrobora la imagen del 17 de abril (fig. 15), que no muestra ninguno de los remolinos ni indicios de su pasada existencia.

3.2 Imagenes del 3, 4 y 7 de julio

En la serie del 3, 4 y 7 de julio (fig.14) se presenta bien marcado un proceso muy probablemente de surgencia. El dia 3 de julio se ven secciones de agua fria cercanas al canal de Ballenas en forma de "plumas".

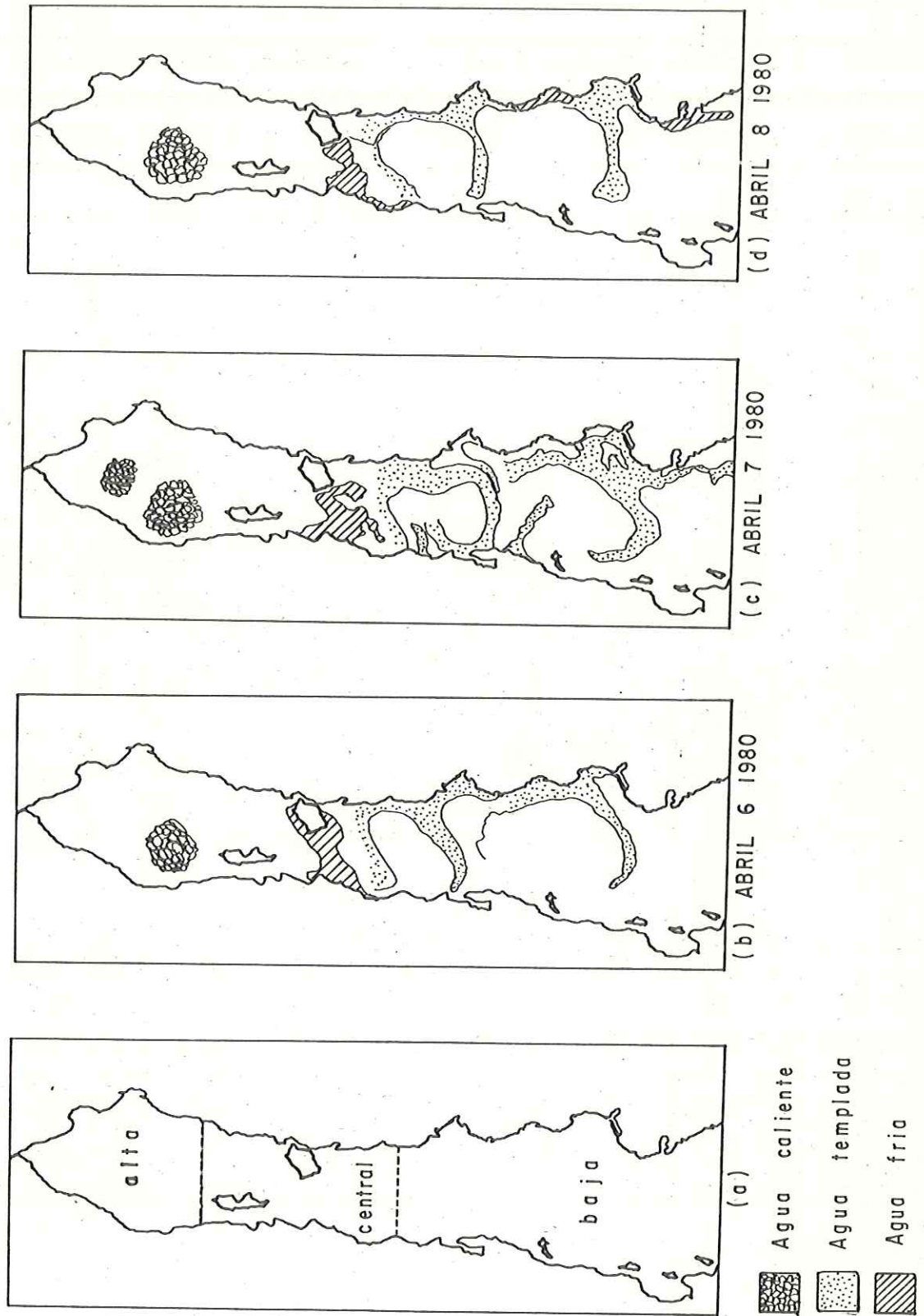


FIGURA 13.- Patrones de distribución de temperatura superficial para los días 6, 7 y 8 de abril de 1980.

parece que el máximo del proceso se alcanza el día 4 de julio, en el cual se observa como al final de ésta "pluma", existe una extensión (parte punteada de la gráfica) orientada hacia el Norte hasta llegar a centro de la parte alta. Para el día 7 (72 horas mas tarde) solo quedan señas de ésta, quedando solo dos areas pequeñas, una en el canal de Ballenas y la otra unos 20 Km al sur.

3.3 Imagen del 17 de abril

Para la imagen del 17 de abril (fig.15) la zona más activa es la central con grandes masas de agua fria rodeando la Isla Angel de la Guarda y mas hacia el Sur sobre la cuenca de San Esteban. En la parte alta parecen estarse "formando parches" de agua caliente, pero es difícil determinar si se estan generando o desintegrando ya que no tenemos imágenes para los días 16 o 18 de abril que nos pudiesen corroborar alguno de los procesos.

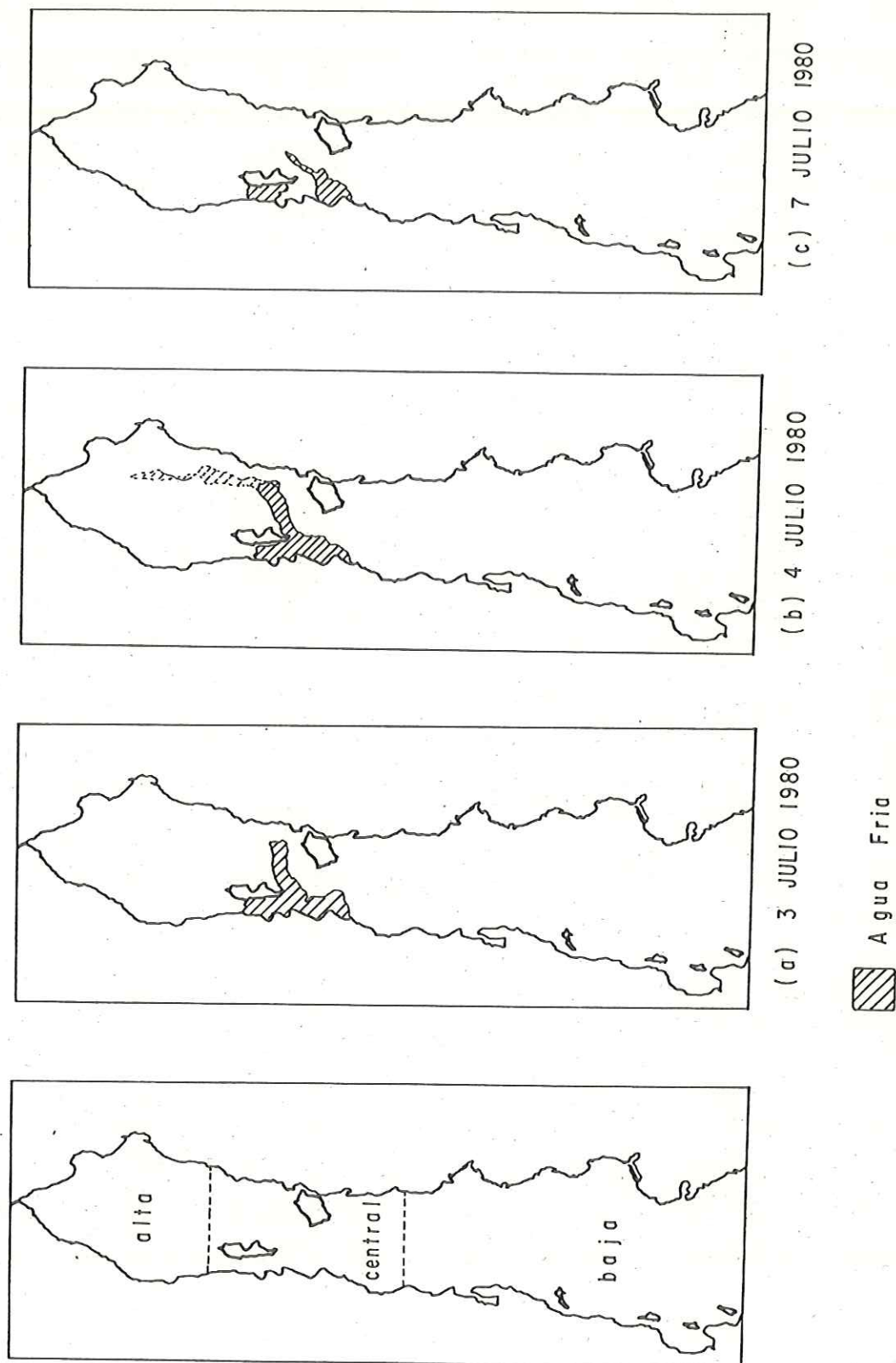


FIGURA 14.- Proceso de 'surgencia' bien marcado con la presencia de la "pluma" de agua fría, con máximo para el 4 de julio.

3.4 Imagen del 18 de mayo

Por último en la imagen del 18 de mayo (fig.15) también se pueden ver masas de agua bastante frías extendiéndose a lo largo de la zona central sobre la costa oeste del Golfo abarcando la mitad de éste. El extremo sur de ésta masa presenta una característica muy peculiar; a final de la "pluma" que se extiende cerca de 50, Km se observan dos remolinos casi simétricos como si la masa de agua fría hubiese chocado con una obstrucción.

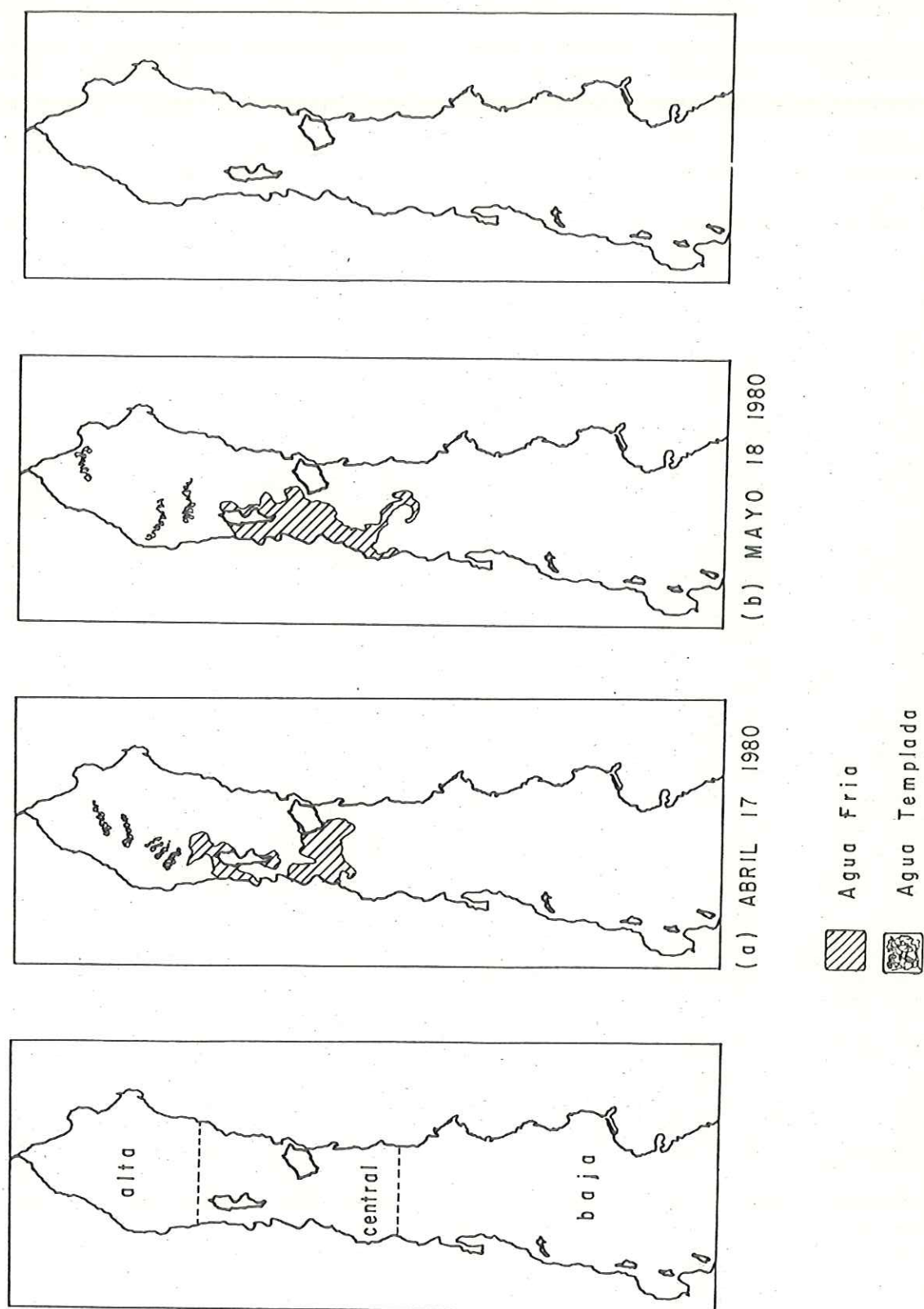


FIGURA 15.- Grandes masas de agua fria que destacan sobre todo el Golfo, y algunos "parches" de agua caliente en la parte alta.

4 CONCLUSIONES

Como se ha visto, el uso del radiómetro a bordo del satélite NOAA-6 es una herramienta de gran utilidad para el desarrollo de la oceanografía. Se han podido hacer observaciones de la temperatura superficial del mar, a gran escala y en muy corto plazo, sin embargo los resultados vistos sólo se refieren a las condiciones en la superficie, ya que el radiómetro está captando la radiación de la capa superior (1 mm) únicamente.

Por lo tanto la información de éste sensor debe de usarse para apoyo o complemento hacia aquellos estudios encaminados a describir cualquier fenómeno que se éste llevando a efecto bajo la superficie del mar. Es decir, los sensores remotos, en particular el radiómetro no pueden susutituir la información que nos provee un lance hidrográfico.

No se tuvieron problemas con respecto a las técnicas de procesado o el método empleado para obtener los datos. Pero, se deben de tener algunos cuidados, por ejemplo, el seleccionar el Pase adecuado, ya que se pueden tener errores tanto de proyección, como de resolución al tener ángulos grandes de nadir

En lo que respecta a las 8 imágenes se puede concluir lo siguiente:

Estas representan en gran parte el comportamiento térmico del Golfo de California para una época del año. Aunque por su forma (de mar encerrado) el Golfo de California indicarla ser una zona de relativa calma, las imágenes muestran todo lo contrario. La gran actividad observada al inicio de abril (6, 7 y 8) así como la rápida evolución de los patrones de distribución de temperatura observados, motiva ampliamente al oceanógrafo a realizar campañas de medición con cruceros oceanográficos, apoyados por sensores remotos.

5 BIBLIOGRAFIA CITADA

- BADAN-DANGON, A., KOBLINSKY, C. J., BAUMGARTNER, T. 1985. Spring and Summer in the Gulf of California: observations of Surface Thermal Patterns. *Oceanological Acta*, vol. 8 numero 1, paginas 13-32.
- CASTLEMAN, K. R., 1979. Digital Image Processing. Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, N.J., 429 pp.
- LAURITSON, L., NELSON, G. J., PORTO, F. W. 1979. Data Extraction and Calibration of TIROS-N/NOAA Radiometers. NOAA Technical Memorandum NESS 107. Washington, D.C., 58 pp.
- HACHADO, G. M. A., 1971. Estudio de la composición del terreno mediante el uso de sensores remotos. Tesis profesional, UNAM D.F., México., 54 pp.
- MAUL, G. A., 1985. Introduction to Satellite Oceanography. Martinus Nijhoff Publishers, Dordrecht, The Netherlands., 606 pp.
- SCHWALB, A. 1978. The TIROS-N/NOAA A-G Satellite Series. NOAA Technical Memorandum NESS 95. Washington, D.C., 75 pp.
- STEWART, R. H., 1985. Methods of Satellite Oceanography. University of California Press Berkley and Los Angeles, California., 360 pp.
- YOUNG, T. L., FAHLE, J. H. 1981. User's Manual for preliminary Satellite processing: Extraction, Calibration and Location. Reference number 81-36. Scripps Institution of Oceanography., La Jolla, California.
- YOUNG, T. L., 1981. User's Manual for the Satellite Data Acquisition Subsystem. Reference number 81-31. Scripps Institution of Oceanography.
- , 1981. User's Manual for the Data Collection and Location System. 3rd Edition. Reference number 81-25. Scripps Institution of Oceanography. La Jolla, California.