

**DISEÑO E IMPLEMENTACION DE UN SOFTWARE, PARA
DESCRIBIR EL SISTEMA DE MICROORGANISMOS
FITOPLANCTON EN EL MAR CARIBE COLOMBIANO A PARTIR
DE IMÁGENES SATELITALES.**

(SDF)

YIMIS JAVIER MARRUGO ZULETA

**TECNOLÓGICA DE BOLÍVAR
CORPORACIÓN UNIVERSITARIA
FACULTAD DE INGENIERÍA DE SISTEMAS
CARTAGENA, D.T. Y C.**

2001

**DISEÑO E IMPLEMENTACION DE UN SOFTWARE, PARA
DESCRIBIR EL SISTEMA DE MICROORGANISMOS
FITOPLANCTON EN EL MAR CARIBE COLOMBIANO A PARTIR
DE IMÁGENES SATELITALES.
(SDF)**

YIMIS JAVIER MARRUGO ZULETA

**Monografía para optar el título de
Ingeniero de Sistemas**

**Directora
VILMA VIVIANA OJEDA CAICEDO
Física**

**TECNOLÓGICA DE BOLÍVAR
CORPORACIÓN UNIVERSITARIA
FACULTAD DE INGENIERÍA DE SISTEMAS
CARTAGENA, D.T. Y C.**

2002

Cartagena de Indias, Julio 27 de 2001

Comité de Facultad

CORPORACIÓN UNIVERSITARIA TECNOLÓGICA DE BOLÍVAR

Atte. Comité de evaluación de proyectos.

Facultad de Ingeniería de sistemas

La ciudad.

Respetados Señores:

Con la presente me permito presentar para su estudio, consideración y aprobación el proyecto de grado ***“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SOFTWARE, PARA DESCRIBIR EL SISTEMA DE MICROORGANISMOS FITOPLANCTON EN EL MAR CARIBE COLOMBIANO, A PARTIR DE IMÁGENES SATELITALES”***, realizado por el estudiante Yimis Javier Marrugo Zuleta bajo mi dirección, que ahora lo presenta a ustedes como requisito parcial para obtener el de Ingeniero de Sistemas.

Cordialmente,

VILMA VIVIANA OJEDA CAICEDO
DIRECTORA.

Cartagena de Indias, Julio 27 de 2001

Comité de Facultad

CORPORACIÓN UNIVERSITARIA TECNOLÓGICA DE BOLÍVAR

Atte. Comité de evaluación de proyectos.

Facultad de Ingeniería de sistemas

La ciudad.

Respetados Señores:

Por medio de la presente me permito hacer entrega del proyecto de grado titulado ***“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SOFTWARE, PARA DESCRIBIR EL SISTEMA DE MICROORGANISMOS FITOPLANCTON EN EL MAR CARIBE COLOMBIANO, A PARTIR DE IMÁGENES SATELITALES”***, como requisito parcial para obtener el de Ingeniero de Sistemas.

Cordialmente,

JIMIS JAVIER MARRUGO ZULETA

ARTICULO 105:

La Corporación Universitaria Tecnológica de Bolívar se reserva el derecho de propiedad intelectual de todos los trabajos de grado aprobados y no pueden ser explotados comercialmente sin su autorización.

Nota de Aceptación

Presidente del Jurado

Jurado

Jurado

Cartagena D. T. y C., Julio 27 de 2001

DEDICATORIAS

A **DIOS** por crear a dos seres tan maravillosos, comprensivos, bondadosos, impulsores de mi actual logro, fuente de apoyo y confianza, y siempre enorgullecidos de mis triunfos, **MIS PADRES**.

A **VILMA VIVIANA OJEDA CAICEDO**, por brindarme la oportunidad de trabajar a su lado.

A **LAURA LORENZONI**, por su apoyo virtual incondicional.

A mi novia **CARMEN JULIA CANTILLO PEÑARANDA**, por su amor, comprensión y apoyo en todos los momentos que ha vivido conmigo.

DEDICATORIAS

A **MIS HERMANOS** por confiar en mi.

A **IRMELIA ZULETA LOZANO** por su apoyo y amor.

A todos mis **AMIGOS** de la universidad, que siempre han compartido conmigo, y que han estado cuando los he necesitado.

AGRADECIMIENTOS

Expreso mis agradecimientos a:

*Mis padres **ANTONIO JOSÉ MARRUGO CASTILLA** y **OTILIA RAQUEL ZULETA LOZANO** por el apoyo moral y económico brindado.*

***VILMA VIVIANA OJEDA CAICEDO**, por brindarme la oportunidad de trabajar a su lado.*

***LAURA LORENZONI** por su apoyo científico virtual incondicional.*

***LUIS GUSTAVO RODRÍGUEZ NÚÑEZ** y **EDWARD SABOGAL GARCÍA**, por su ayuda desinteresada.*

***JAIRO SERRANO**, por ayudar con sus conocimientos de Linux a la culminación de la investigación.*

CONTENIDO

	Pág.
1. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	1
1.1 ANTECEDENTES	1
1.2 EL PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN	8
1.3 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	10
1.3.1 Objetivo General	10
1.3.2 Objetivos Específicos	10
1.4 RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN	11
2. MARCO REFERENCIAL	14
2.1 MARCO TEÓRICO	14
2.1.1 Descripción Matemática De Una Imagen	14
2.1.2 El Modelo Computacional	16
2.1.3 Series De Tiempo	18
2.1.4 Sistemas Clásicos De Tratamiento Digital De imágenes	21
2.1.5 Oceanografía Por Satélite	25
2.1.6 Plataformas Espaciales	28
2.1.7 La Luz Y El Espectro Electromagnético	32
2.1.8 La Programación Orientada A Objetos	40
2.1.9 Bases De Datos	45
2.1.10 Latitud Y Longitud	45

2.1.11 Modelo RGB	49
2.1.12 El Fitoplancton	51
2.1.13 Plataforma SeaWIFS	52
2.1.14 Imágenes Digitales A Color Vs. Blanco Y Negro	56
2.1.15 Procesamiento de la imagen	58
2.2 Recolección De La Información	69
2.2.1 Fuentes Primarias	69
2.2.2 Fuentes Secundarias	69
2.1.4 Sistemas Clásicos De Tratamiento Digital De imágenes	21
2.1.5 Oceanografía Por Satélite	25
2.1.6 Plataformas Espaciales	28
2.1.7 La Luz Y El Espectro Electromagnético	32
2.1.8 La Programación Orientada A Objetos	40
2.1.9 Bases De Datos	45
2.1.10 Latitud Y Longitud	45
2.1.11 Modelo RGB	49
2.1.12 El Fitoplancton	51
2.1.13 Plataforma SeaWIFS	52
2.1.14 Imágenes Digitales A Color Vs. Blanco Y Negro	56
2.1.15 Procesamiento de la imagen	58
2.2 Recolección De La Información	69
2.2.1 Fuentes Primarias	69
2.2.2 Fuentes Secundarias	69

3. ESTRUCTURA OPERATIVA, ADMINISTRACIÓN Y CONTROL DE LA INVESTIGACIÓN	70
3.1 ESPECIFICACIÓN OPERACIONAL DE LAS ACTIVIDADES	70
3.1.1 Recolección De La Información	70
3.1.2 Proceso De Diseño	70
3.1.2.1 Diseño De Datos	71
3.1.2.2 Diseño Arquitectónico	71
3.1.2.3 Diseño De La Interfaz	71
3.1.2.4 Diseño Procedimental	71
3.1.3 Codificación	72
4. MODELADO DEL ANÁLISIS	73
4.1 DIAGRAMA DE CONTEXTO	73
4.2 DIAGRAMA DE NIVEL 0	74
4.3 DIAGRAMA DE NIVEL 1	75
4.3.1 Diagrama De Nivel 1 (Continuación)	76
4.3.2 Diagrama De Nivel 1 (Continuación)	77
4.4 MODELO DE DATOS	78
4.4.1 Tabla Enero	78
4.4.2 Tabla Concentraciones	79
4.4.3 Estructuras De Datos	79
4.5 MODELO ENTIDAD RELACIÓN	80
4.6 DESCRIPCIÓN DE LOS ATRIBUTOS DE LAS TABLAS	81
5. DISEÑO PROCEDIMENTAL	82
5.1 OBTENCIÓN DE LA INFORMACIÓN DE LA IMAGEN	82

5.2 APLICACIÓN DE LA TEORÍA DE AJUSTE RECTILÍNEO	83
6. DESCRIPCIÓN DEL SOFTWARE	93
6.1 ASPECTOS GENERALES SDF	93
6.2 ARQUITECTURA DEL SDF	94
6.3 ASPECTOS PARTICULARES DEL SDF	95
7. ALCANCES Y LIMITACIONES	96
8. RECOMENDACIONES	98
9. CONCLUSIONES	99
BIBLIOGRAFÍA	
ANEXOS	

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Campos Tablas Meses (Bases De Datos)	78
Tabla 2. Campos Tabla Concentraciones (Bases De Datos)	79
Tabla 3. Valores De Concentración Por Día Banda 4 Y 5 Enero De 1998	84
Tabla 4. Valores De Concentración Por Día Banda 4 Y 5 Enero De 1999	84
Tabla 5. Valores De Concentración Por Día Banda 4 Y 5 Enero De 2000	85
Tabla 6. Valores De Concentración Por Día Banda 4 Y 5 Enero De 2001	86

LISTA DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 1. Valores De Banda SeaWIFS	54
Cuadro 2. Atributos De La Base De Datos	81
Cuadro 3. Concentraciones Promedio (Año / Mes) De Enero En Las Bandas 4 Y 5	86
Cuadro 4. Ajuste Rectilíneo A 2001 Mes De Enero Para Banda 4	87
Cuadro 5. Ajuste Rectilíneo A 2001 Mes De Enero Para Banda 4	87
Cuadro 6. Comparación De Valores Calculados De Concentración Vs. Predicción Obtenida.	89

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Diagrama de Bloques	21
Figura 2. La Radiación Electromagnética	33
Figura 3. Rangos Comunes Del Espectro Electromagnético	35
Figura 4. Componentes De La Luz Blanca Del Sol	37
Figura 5. Determinación Angulo λ	47
Figura 6. Latitudes	47
Figura 7. Determinación de Longitud	48
Figura 8. Cubo De Color RGB	49
Figura 9. Barra De Proceso Sedas	61
Figura 10. Menú De Aplicación De Procesamiento Ms L2	62
Figura 11. Selección De Archivo L1 Para Procesar	63
Figura 12. Selección De Producto Obtener	64
Figura 13. Elección De Subregion	68
Figura 14. Diagrama De Contexto	73
Figura 15. Diagrama de nivel 0	74
Figura 16. Diagrama de nivel 1	75
Figura 17. Diagrama de nivel 1	76
Figura 18. Diagrama de nivel 1	77
Figura 19. Diagrama de Entidad Relación	80

Figura 20. Representación de coordenadas geográficas	90
Figura 21. Arquitectura SDF	94

LISTA DE ANEXOS

Anexo A. Manual de Usuario

Anexo B. Esquema De Igualación Y Asignación De Grados

Anexo C. Equivalencia Entre nm Y mg/m³

Anexo D. Descripción Del Material Entregado

GLOSARIO

FITOPLANCTON: conjunto de organismos, generalmente microscópicos, que constituyen la porción vegetal del plancton, son la base de toda la cadena alimenticia de los ecotopos acuáticos, para el caso del mar, donde casi todas las plantas verdes que viven son constituyentes de Fitoplancton, que representa el conjunto de los productores primarios, que con sustancias inorgánicas y con acción de la luz solar, sintetizan la materia orgánica marina.

COLORIMETRÍA: procedimiento de análisis químico fundamentado en la intensidad del color de las disoluciones.

COLOR: impresión que los rayos de luz reflejados por un cuerpo producen en el sensorio común, por medio de la retina del ojo.

OCEANOGRAFÍA: ciencia que estudia los mares y sus fenómenos, así como la fauna y la flora marina.

PROCESAMIENTO: someter alguna cosa a un tratamiento de elaboración, transformación de tal forma que se obtengan al final unos resultados esperados.

CZCS: sensor a color de zonas costeras (CZCS) el cual orbitó en un satélite de la NASA llamado NIMBUS-7. Lanzado en 1978 para un trabajo de dos años, fue construido para proveer imágenes de superficie en un número de bandas visible limitadas, el cual podía estar entonces separada dentro de los componentes de colores individuales. Desde que la productividad biológica, en la capa superficial del océano, esta directamente relacionado al color de la superficie del océano, el CZCS tuvo como propósito proveer información de concentración de clorofila y productividad primaria.

IMAGEN (SATELITAL): Las imágenes son matrices de celdas, formadas por un número variable de columnas y filas. Cada celda representa espacialmente un área geográfica indivisible, determinando así el detalle espacial mínimo discernible dentro de la imagen. El valor que contiene cada celda es la expresión en energía de algún parámetro, variable o característica que define a esa área geográfica. Tanto la dimensión del área geográfica que

representa cada celda, como la cantidad diferente de valores que pueda contener, varía dependiendo del origen de la imagen **SEAWIFS:** El sensor SeaWiFS (Sea-viewing Wide Field of view Sensor), es un espectroradiómetro montado en el satélite SeaStar, el cual fue puesto en órbita en septiembre de 1997. El propósito de este sensor es el de obtener datos de color de los océanos del mundo por un periodo de, al menos, 5 años.

RADIANZA: es la variable que permite obtener información de los parámetros marinos que poseen señales débiles. Cantidad de luz reflejada por la superficie (marina) de los cuerpos, medida Watts sobre metros cuadrados.

GRÁFICOS DE MAPAS DE BITS O GRÁFICOS RASTERIZADOS: son una "sábana" de píxeles que conforman una imagen reconocible. Los mapas de bits dependen de la resolución, cualquier imagen de mapa de bits contiene un número finito de píxeles.

RESOLUCIÓN: sirve para cuantificar mejor la ubicación de un píxel en un mapa de bits. Se suele expresar en píxeles o puntos por pulgadas (dpi o ppp). También definida como el número de puntos individuales de una imagen

PROFUNDIDAD DE COLOR: es la cantidad máxima de datos que puede almacenar un píxel y se expresa en bits, mientras más bits por píxel más colores hay. Como un bit ofrece 2 informaciones, 0 y 1 ó apagado y encendido, blanco y negro, la cantidad en colores se expresa en el exponencial de 2.

COORDENADAS GEOGRÁFICAS: Describen una posición del globo terráqueo y se basan en los meridianos de longitud y en los paralelos de latitud.

LATITUD: Distancia de un lugar al ecuador, determinada por un arco de meridiano que va de dicho lugar al ecuador.

LONGITUD: Coordenada geográfica de un punto, cuyo valor es el arco de circunferencia dado en unidades angulares y medido sobre el ecuador, comprendido entre el meridiano terrestre del punto y el meridiano 0⁰ (Greenwich).

EL CONCEPTO INTUITIVO DE IMAGEN: se deriva de aquello que observamos directamente con los ojos, es decir de la presentación de un conjunto de formas con diversidad de colores, brillos, estáticas y movimientos. El ojo humano en combinación con el cerebro ocultan y disfrazan la mayor parte de los procesos fundamentales que deben ejecutarse para llevar hasta nuestra conciencia la sensación producida por los estímulos visuales.

CAMPO VISUAL: el área del espacio que el ojo humano alcanza a captar, esta limitada, de modo que hay solo un área finita sobre la cual se puede tener información visual. En el caso del ojo humano este campo visual es alrededor de 50°.

LA RESOLUCIÓN: Cuando el ojo observa un objeto, hay detalles que por su tamaño reducido no se logran captar. Esta limitación, conocida como resolución, implica que la cantidad de información que tiene una imagen, no es infinita, por el contrario se puede cuantificar en proporción al tamaño del detalle más pequeño que alcanza a diferenciarse. Este tamaño mínimo puede considerarse como el elemento fundamental de una imagen, de modo que sencillamente una imagen es una aglomeración de muchos de estos elementos.

El número de elementos que conforman una imagen, se puede estimar como la proporción entre el campo visual y el tamaño del elemento típico. A este elemento básico se le denomina **PIXEL** en el ambiente del tratamiento de las imágenes. Esta palabra se deriva del inglés "Picture element".

RANGO DINÁMICO: se puede notar que el ojo humano tiene también limitaciones relativas a la cantidad de luz que requiere para poder observar. Para el ojo es imposible ver tanto por falta o exceso de luz, a pesar de que la capacidad de adaptabilidad del ojo (lenta pero eficiente), permite extender este rango.

El ojo detecta los niveles de brillo de los objetos dentro de una imagen, gracias a su grado de contraste. En forma tal que si se encuentran tres objetos A, B, C siendo los objetos A y B de un nivel de brillo similar mientras que C tiene un nivel muy bajo, el grado de contraste del objeto C puede impedir que se pueda diferenciar entre el objeto A y el B. A esta característica se la denomina rango dinámico.

REFRACCIÓN DE OLAS: Modificación de la orientación de las crestas de las olas por influencia del fondo. Genera concentración o disipación de la energía del oleaje en ciertos tramos de la costa. Importante en geomorfología litoral porque explica el hecho de que para un mismo tipo de ola, la energía liberada en algunos sectores es mayor que en otros y esto tiene consecuencias en las formas resultantes.

REFLEXIÓN DE OLAS: Cuando las olas encuentran un obstáculo (muro, espigón, etc), éstas son reflejadas, es decir, re-enviadas en la dirección exactamente opuesta de la dirección de incidencia. Si las olas atacan oblicuamente el obstáculo, el ángulo de incidencia es igual al ángulo de reflexión.

DIFRACCIÓN DE OLAS: Cambio en la dirección de propagación de las olas y divergencia detrás del obstáculo que produce la reflexión; una de sus extremidades es alcanzada por las olas que lo rodean y divergen. El oleaje se amortigua por divergencia.

RADIÓMETRO: instrumento que permite captar la radiación emitida o reflejada por un objeto en ciertas bandas del espectro electromagnético. Este instrumento es utilizado en plataformas satelitales (SPOT, LANDSAT, NOAA, etc). También en plataformas aerotransportadas o directamente en terreno para mediciones locales.

ZONA FOTICA: zona del mar a la cual llega la luz del sol (más o menos hasta los 200 metros de profundidad).

ZONA AFÓTICA: zona del mar que no recibe luz solar.

RESUMEN

Con esta investigación se diseñó e implementó una herramienta computacional que a partir de imágenes satelitales procesadas a un nivel 2 Según el SeaWiFS (mirar capítulo 2), sea capaz de evaluar rangos de colores establecidos en los parámetros por bandas del espectro visible del satélite SeaWiFS, determinar concentraciones de **Fitoplancton**, e inferir posibles concentraciones futuras, basadas en datos históricos de concentraciones.

El **SDF** (Software para la Descripción del Fitoplancton) está diseñado con una base de datos de imágenes, donde este accede a los meses por año, realiza las evaluaciones necesarias, calculando y emitiendo un informe de concentración. La concentración calculada es guardada en la tabla concentraciones de la base de datos, que a su vez sirve como fuente o base a Software para determinar la predicción de concentraciones.

El software está dividido en tres módulos así:

Menú archivo: Es la primera opción a la que el usuario debe acceder para realizar el análisis de un mes determinado, en esta etapa o instancia del software, se

estandarizan las imágenes para ser grabadas en la base de datos, y posteriormente determinar las concentraciones.

Menú determinación: Después que los datos de concentración han sido determinados y guardados en la tabla concentraciones de la base de datos, se procede a predicción de las concentraciones, este evento se realiza en esta parte del menú.

Menú Ayuda: Es la fuente de información general del manejo del SDF.

INTRODUCCIÓN

El fitoplancton es el inicio o base de la cadena alimenticia en el mar, su concentración en zonas específicas del océano trae consigo la concentración de especies marinas, por lo tanto determinar una aproximación de esta concentración ayuda a la prevención de desastres marinos, a hacer un mejor uso de la explotación pesquera controlada y a controlar la evolución de especies marinas en la región caribe colombiana .

En la actualidad hay muchos sensores que muestran en base a colores del espectro visible la existencia de organismos y microorganismos marinos. Por lo cual se hace necesaria la implementación de una herramienta computacional que a partir de información procesada de estos satélites muestre concentraciones actuales y posibles concentraciones futuras de fitoplancton.

Este informe es la conceptualización de todo el material de investigación para el desarrollo del **SDF** (Software para la Descripción del Fitoplancton). Esta conformado por 6 capítulos, donde se describen apartes teóricos fundamentales para la implementación de la herramienta computacional, información de los diferentes cálculos y simulaciones matemáticas, descripción general de procesos implementados y un manual general para el manejo del SDF.

1. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

1.1 ANTECEDENTES

La evolución tecnológica de la informática a raíz del auge, y constante mejoramiento de las microcomputadoras y las redes de información ha puesto al servicio de la investigación, todo un conjunto de herramientas especializadas que ayudan a realizar el procesamiento de imágenes. Estas herramientas pueden ser utilizadas para predecir y caracterizar los conjuntos de sistemas existentes en el mar y sus movimientos, utilizando imágenes satelitales, alternativa que en el ámbito de la región caribe y muchas otras regiones de sur América, poco se ha tenido en cuenta, para conocer ampliamente el conjunto de movimientos que describen las corrientes marinas, para la predicción de movimientos de microorganismos y para la inferencia en situaciones de desastres.

Por lo anterior es necesario buscar dentro de las ramas que tiene la ingeniería de sistemas un área que permita dar solución a este problema, encontrando que el procesamiento de imágenes, es una herramienta importante que ayuda a estudiar, analizar y caracterizar una imagen obteniendo de ella gran cantidad de información. El soporte fundamental de esta investigación es el estudio de los movimientos y la concentración que presentan el conjunto de microorganismos **fitoplancton** en el mar caribe Colombiano, basándose en una gama de colores que este puede irradiar, al ser afectado por los rayos del sol. Para muchas regiones del mundo el color del océano está determinado primariamente, por la abundancia de Fitoplancton y sus pigmentos de fotosíntesis asociados. Las imágenes satelitales muestran de forma estandarizada las concentraciones de Fitoplancton en azul y verde, donde a medida que la concentración de los pigmentos de Fitoplancton se incrementan se produce un cambio de azul a verde.

El **plancton** juega un significativo papel en los procesos de intercambio océano-atmósfera de gases de vital importancia, desde el punto de vista climático, como el CO₂ (segundo contribuyente del efecto invernadero), y el dimetilsulfuro (principal fuente de núcleos de condensación de nubes en la atmósfera marina). Por esta razón los estudios climáticos regionales incluyen la distribución y riqueza del **Fitoplancton** a través de las imágenes de satélite de color del mar.

A nivel del globo terráqueo, se han realizado varios estudios, que utilizando las imágenes satelitales, caracterizan y determinan factores de crecimiento producción y movimiento del Fitoplancton. Algunos de los trabajos de investigación son los siguientes: Fortaleza del Fitoplancton y estructura del movimiento periódico en la parte superior del océano, Influjo del río Orinoco en el mar caribe, Material caliente en el mar de Arabia (es el estudio del cambio estacional de las concentraciones de calor en el mar de Arabia). Los trabajos de investigación anteriormente descritos, y muchos otros no mencionados tienen como punto de partida las imágenes satelitales.

Las imágenes satelitales además de permitir adelantar investigaciones relacionadas con la oceanografía, permiten experimentar en otros campos, como el control de la polución y la meteorología. Por ejemplo se pueden observar gases y partículas suspendidas en la atmósfera existiendo la posibilidad de determinar la precedencia u origen, dispositivos y mecanismos de dispersión de la polución atmosférica. En cuanto a la oceanografía se pueden determinar, concentraciones de calor, cantidad de partículas muertas suspendidas en la superficie del océano, entre otras. También se puede determinar la onda de flujos exteriores de radiación al nivel de la atmósfera que determina la variación del clima de la tierra.

La mayoría de las mediciones oceanográficas se han hecho a lo largo de la historia desde buques de investigación, con mediciones de apoyo desde estaciones costeras. Sensores dentro de avionetas que captaban la radiación emitida o reflejada de la superficie del océano. Observando los investigadores después de cierto número de experimentos a bordo de aviones y buques, que el océano presentaba una infinita variedad de colores, además que su superficie cambiaba según la hora, incluso en la misma zona. Por lo que la ciencia buscó solución a este interrogante con la construcción y puesta en órbita de un conjunto de satélites, que de forma continua hicieran el muestreo en forma simultánea de un espacio mayor, al que podían tener alcance los aviones y buques.

Las primeras observaciones visuales e instrumentales fueron hechas a bordo del satélite Sayut 6 en la década de los ochenta, tales observaciones habían sido imposible antes, por que se necesitaban dos o tres semanas para que la visión de una persona se adapte a las condiciones en órbita y para que abra sus ojos a los menores detalles del paisaje. Los oceanógrafos apoyándose en la información brindada por los satélites, adelantaron importantes estudios que trajeron económicos implicados en la navegación y las pesquerías, y no tardaron en dejarse sentir los resultados de esta cooperación: los barcos pesqueros comenzaron a confirmar altas concentraciones de peses en los lugares indicados,

otros buques recibieron, sobre la mejor manera de evitar bancos de hielo o zonas de mar muy gruesa.

A lo largo de la historia se han puesto en órbita un conjunto de satélites cuyo objetivo fundamental es el sensoramiento remoto óptico, cuyas altitudes están entre los 500 y 900 Km. Donde muchos de ellos poseen una gran resolución espacial y una radianza de saturación muy baja permitiendo adquirir información de los parámetros marinos que poseen señales débiles.

El NIMBUS-7 es uno de los tantos satélites que han sido lanzados con el fin de hacer sensoramiento de los mares, el dispositivo que lleva acabo este sensoramiento es el rastreador a color de zonas costeras (CZCS), el cual orbitó con el satélite desde 1978, cuando fue lanzado. El CZCS fue construido para proveer imágenes de la superficie del océano, en número de bandas visibles limitadas, el cual podía estar entonces separada de los componentes de colores individuales. Otro sensor es el AVHRR, que proporciona imágenes que permiten estimar la atenuación atmosférica, concentraciones de partículas suspendidas en la superficie del océano, entre otras. Debido al vapor de agua que se recibe de las señales infrarrojas emitidas por la superficie del océano

En Colombia a nivel del centro y costas se han realizado investigaciones, relacionadas con la oceanografía, pero la mayoría han estado encaminadas, o se han fundamentado en mediciones in situ, aspecto que reduce el campo de investigación, ya la modalidad de recolectar la información manualmente es costosa y limita la cantidad de información recolectada, ya que el espacio de cobertura es menor al de un satélite. También se han realizado algunas investigaciones con satélites como el CZCS (inicio del proyecto SeaWifs), y el SPOT, por ejemplo:

Dinámica de la pluma de la turbidez del canal del dique en bahía de Cartagena Colombia. Adelantado por: Urbano Rosas, Jorge E., Thomas, Yves Francois, Parra, Carlos, Yves Genet, Pierre. En el C.I.O.H. (centro de investigaciones oceanográficas de Cartagena). Con información del satélite SPOT.

La Percepción Remota aplicada para determinar la Circulación de las Aguas Superficiales del Golfo de Urabà y las variaciones de su línea de costa. Adelantado por: Molina Marquez, Amparo, Molina Marquez, Consuelo, Chevillot, Philippe, En el C.I.O.H. (centro de investigaciones oceanográficas de Cartagena). Con información del satélite SPOT.

Proyecto de investigación adelantado por el biólogo John Donato y la Unidad de Ecología y Sistemática (UNESIS) de la Universidad Javeriana, en el que se realizaron múltiples muestreos de fitoplancton en el embalse de Chuza, (páramo de Chingaza); los especímenes se colectaron utilizando una malla de 50mm de criba (Donato, 1991).

Variabilidad Anual del Contenido de Carbón Orgánico en la Superficie del Mar Caribe Colombiano observado desde el CZCS. Adelantado por: Andrade, Carlos, En el C.I.O.H. (centro de investigaciones oceanográficas de Cartagena). Con información del satélite CZCS.

Como es de notar, al trabajar con una herramienta satelital que brinda, información diaria, de una vasta zona (2800 km, SeaWifs), hace que los alcances de las investigaciones sean mayores, y los costos de desarrollo disminuyan en gran proporción.

1.2 EL PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN

Los mares de todo el mundo, están habitados por un sin número de organismos y microorganismos, el estudio de estos sistemas es un avance importante para su conocimiento control y preservación.

La región caribe Colombiana contiene al igual que todas las regiones del océano un gran potencial de microorganismos, con los que al realizar una investigación estructurada, se pueden caracterizar de forma eficiente aspectos importantes de su coexistencia, además atacando un tema de investigación de este tipo se está abriendo paso a una nueva línea de investigación para la facultad de sistemas de la universidad, ya que estudios similares a este se pueden encaminar para determinar patrones de comportamiento de otros sistemas que existen en el océano.

Con este trabajo se implementó software para la predicción y caracterización del movimiento del conjunto de microorganismos Fitoplancton y una documentación, que sirve como herramienta de apoyo a los centros de investigación y explotación oceanográfica para la utilización óptima y controlada de los recursos naturales

marinos, esta investigación también sirva como apoyo a futuras investigaciones de este tipo encaminadas por estudiantes en la universidad.

El fin primario de esta investigación fue colaborar con el desarrollo investigativo de nuestra región caribe en cuanto al mar se refiere y abrir paso a una nueva línea de investigación en la facultad de sistemas, también fueron objetivos, la predicción de futuras concentraciones de Fitoplancton. articulando de esta forma la Ingeniería de Sistemas de la universidad y el estudio de componentes marinas, a partir de un programa sistemático que idealice una variedad de estrategias al servicio, estudio y predicción del conjunto de organismos Fitoplancton en el mar caribe colombiano.

Por la importancia que representa el conocimiento del conjunto de microorganismos **fitoplancton**, se adoptó una actitud crítica, contribuyendo con el diseño e implementación una herramienta computarizada, que permite fortalecer el desarrollo de la investigación en una nueva línea dentro de la universidad, caracterizando el conjunto de microorganismos Fitoplancton.

¿Qué hacer para conocer y predecir el conjunto de movimientos, y concentraciones que describe, los microorganismos Fitoplancton en el mar caribe Colombiano?

1.3 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACION

1.3.1 Objetivo General Diseñar e implementar un software para describir la concentración y circulación del conjunto de microorganismos “ **fitoplancton**” en el mar caribe Colombiano, basándose en imágenes satelitales.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Adquirir las imágenes obtenidas por el satélite para clasificarlas, caracterizarlas y procesarlas.

- Efectuar mosaicos en periodos de tiempo conveniente para visualizar el cambio periódico del conjunto de microorganismos **fitoplancton**.

- Identificar puntos de la zona de estudio con mayor, concentración de **fitoplancton**, para verificar posibles bancos de peces.

- Diseñar una base de datos para el almacenamiento del conjunto de imágenes, para que el software acceda de manera automática estas, e inicie el procesamiento.

- Realizar un reporte estadístico del nivel de concentración del conjunto de microorganismos **fitoplancton**, que sirva para lo toma de decisiones.

1.4 RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

El software para la predicción y caracterización del conjunto de microorganismos **fitoplancton** en el caribe Colombiano, esta diseñado de la siguiente forma: tiene una presentación de entrada, un menú donde se hallaran componentes como porcentajes de concentración, predicción de movimientos, información sobre colores entre otros.

Existe un solo tipo de usuario, que tiene el dominio completo del software, incluyendo el manejo de la base de datos.

Descripción del Software

- ❖ **ÁREA DE CONTENIDO:** movimientos del mar caribe Colombiano.

- ❖ **OBJETIVOS:** Lograr que personas dedicadas a la investigación y exploración de los recursos del mar, utilicen el software como herramienta facilitadora y agilizadora, en el proceso de conocimientos y explotación controlada de los recursos marinos. Iniciar una nueva línea de investigación en la C.U.T.B. que ponga al servicio de la investigación marina todas las herramientas y conceptos de sistemas.

- ❖ **POBLACIÓN OBJETIVO:** Centro de investigación y exploración controlada de los recursos marinos.

- ❖ **CONDICIONES DE USO:** Individual, con una previa inducción para su manejo.

❖ REQUERIMIENTOS MÍNIMOS DEL HARDWARE: Una computadora Pentium II con procesador de 466 MHZ o superior, multimedia, memoria ran de 128 MB o más, monitor SVGA con resolución de 800x600 píxeles.

❖ COMPONENTES DEL PAQUETE: Manual de usuario, instalador.

2. MARCO REFERENCIAL

2.1 MARCO TEÓRICO

Este proyecto se fundamenta, en el conjunto de bases teóricas adquiridas a lo largo de la carrera, uniendo toda la información adquirida, para ponerla al servicio de la sociedad investigativa y pesquera de tal forma que se mejore el conocimiento del mar.

2.1.1 Descripción Matemática De Una Imagen Desde el punto de vista matemático, una imagen es un campo escalar bidimensional, cuyo dominio normalmente está restringido por limitaciones físicas. Se puede definir matemáticamente una imagen I como:

$I(x,y,t)$ = Escalar asociado al punto x, y en el instante t .

Donde x e y son variables reales con un dominio C en un espacio bidimensional.

Mientras que t indica un instante en el tiempo.

Dado que x , y , t son variables reales, existe en principio una cantidad infinita de parejas (x, y) (puntos) en el dominio C del espacio bidimensional, e instantes t en el transcurso del tiempo.

Dado que I es también un escalar en el dominio de los reales, existe una variedad infinita de los valores para el recorrido de I .

Las imágenes captadas por el ojo humano se pueden modelar con una función $I(x, y, t)$ donde x , y están restringidos por el campo visual de la retina a través del cristalino del ojo, en un campo de aproximadamente 50° alrededor del eje del cristalino.

Con este modelo matemático, se puede homologar a imágenes, muchas de las medidas que se realizan actualmente con sistemas de detección, medición de temperaturas, medición de la intensidad del ruido, mediciones de la resistencia,

mediciones oceanográficas, mediciones de radioactividad, mediciones de ultrasonido.

En general cualquier medida escalar que tome un espacio bidimensional, se puede denominar "imagen". Es posible incluso extender el concepto al espacio tridimensional, y a medidas no escalares, sino vectoriales, como el caso de las corrientes de viento de la atmósfera terrestre, o a imágenes en color de una película.

2.1.2 El Modelo Computacional Si se tiene la intención de manipular una imagen digitalmente, resulta claro que el proceso no debe implicar el manejo de una cantidad infinita de datos, sino que por el contrario se debe restringir la cantidad de información a procesar.

Normalmente la reducción de cantidad de información se logra haciendo que el dominio de las variables x , y , t , no sea el de los números reales, sino el de los enteros, dentro de un rango.

Tradicionalmente se han utilizado imágenes estáticas , $t=0$, y dominios rectangulares para x, y .

$$\begin{aligned} 0 \leq x \leq X \\ 0 \leq y \leq Y \end{aligned} \quad (1)$$

Este formato se deriva de la evolución de la fotografía, y se ha mantenido por que las facilidades para la aplicación de conceptos extraídos de muchas áreas de la ciencia, especialmente los de la geometría cartesiana.

El rango de los valores que puede tomar I también se reduce a un número entero en un rango positivo.

$$0 \leq i \leq I_{\max} \quad (2)$$

Así, una imagen digital se suele reducir a una matriz rectangular de $n \times m$ números enteros. Sobre esta matriz se realizan las operaciones definidas para el tratamiento de imágenes.

Este modelo simplificado ha dado muy buenos resultados en la mayoría de las aplicaciones que enfrenta el tratamiento digital de imágenes, pero ha mostrado ser insuficiente para enfrentar problemas como la obtención de formas, y la percepción de movimientos propios en robots, casos para los cuales se han propuesto formatos diferentes de imágenes.

2.1.3 series de tiempo Una serie de tiempo se define como un conjunto de magnitudes, pertenecientes a diferentes periodos de tiempo, de cierta variable o conjunto de variables. Una serie de tiempo refleja pues las variaciones de una variable en el tiempo. Como todas las clases de conducta física, los movimientos de series de series de tiempo son generados por fuerzas sistemáticas y estocásticas del ambiente.

Con el análisis de series temporales se pretende extraer el patrón de comportamiento sistemático contenido en una sucesión de observaciones que se recoge de forma regular y homogénea a lo largo del tiempo. Con este patrón es posible:

- a) Caracterizar el comportamiento del fenómeno estudiado.
- b) Predecir su evolución futura.
- c) Extraer componentes no observables (señales) que reflejan más fielmente la evolución subyacente de la variable de interés.

El propósito del análisis de series de tiempo es estudiar la estructura temporal o dinámica de los datos.

La tendencia secular se constituye en una de las herramientas para la determinación de posibles comportamientos futuros. En el análisis de tendencia, se considera importante la graficación, con el fin de determinar la línea que mejor representa el conjunto de puntos.

Para la determinación de la tendencia, es decir, la obtención o estimación del comportamiento futuro de un evento a estudiar, se aplica el método de los mínimos cuadrados, con el fin de cuantificar los parámetros de la ecuación correspondiente, que para este caso es rectilínea.

El ajuste rectilíneo es la función mas utilizada en el análisis de la tendencia, especialmente cuando la serie es corta y cuando la variable presenta variaciones bastante fuertes.

Para el caso del representar el modelo de tendencia con los datos de concentraciones de clorofila, se escogió un mínimo de tres periodos, y un máximo de 7 periodos.

El modelo de ajuste rectilíneo esta representado así:

$$\hat{Y} = bX + c \text{ Ecuación de predicción}$$

b y c son los coeficientes de regresión, y X es el predictor, que para este caso corresponde a valores de tiempo.

$$(a) \quad \sum y = b \sum x + nc$$

$$(b) \quad \sum xy = b \sum x^2 + c \sum x$$

2.1.4 Sistemas Clásicos De Tratamiento De Imágenes Un sistema de tratamiento digital de imágenes se puede describir con el modelo de bloques de la figura 1:

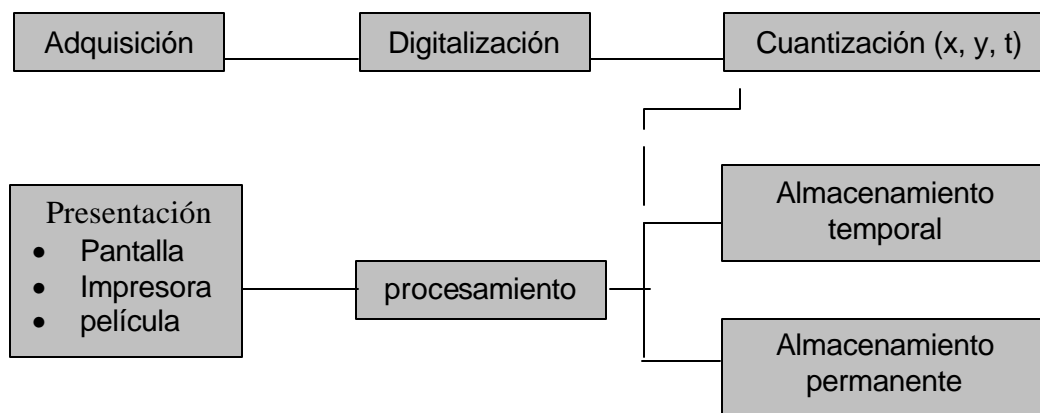


Figura 1. Diagrama de bloques.

La adquisición consiste en capturar la información de la imagen desde el mundo real; normalmente requiere algún sensor que mediante barridos puede detectar el valor de intensidad de la imagen en cada punto del espacio bidimensional que constituye el campo visual.

Estos sensores pueden ser fotodiodos combinados con espejos giratorios que permiten hacer barridos, arreglos lineales de fotodiodos que hacen barridos en una sola dirección (escáneres), matrices de sensores CDD, ecógrafos, termógrafos, cámaras de vídeo y los sensores ópticos remotos. Esta señal es continua en el tiempo, en el espacio y en el rango de valores que puede tomar la intensidad de cada píxel.

Se conoce como digitalización al proceso de cambiar la continuidad espacial (x, y) de la imagen, por un conjunto de valores muestreados. Normalmente el proceso de digitalización se realiza en el sensor, obedeciendo a su geometría de funcionamiento.

Terminada la digitalización, la imagen esta representada por una matriz de $n \times m$ puntos, cuyos valores son continuos. El paso siguiente, llamado Cuantización,

consiste en eliminar la infinidad de valores que puede tomar la intensidad de cada punto. La cuantización la ejecuta un conversor análogo/digital, de alta velocidad.

Al convertir la señal continua a una señal digital de n bits, se obtienen 2^n intervalos. Así una señal llevada a 8 bits, produce 256 niveles de gris, de negro a blanco, mientras que la señal de 12 bits produce 4096 intervalos. La digitalización, por su parte, produce típicamente matrices de 512 x 512 píxeles. De manera que cada imagen consume cerca de $\frac{1}{4}$ de megabytes.

La elección de la precisión debe buscar un equilibrio entre la velocidad de ejecución de la cuantización, y la cantidad de memoria que se requiere para el almacenamiento de la imagen recién cuantizada.

Una vez cuantizada y digitalizada la imagen, se almacena en una memoria temporal donde se presenta a un usuario que juzga si la calidad de la imagen es adecuada para el procesamiento.

El procesamiento de la imagen consiste en realizar diversos tipos de operaciones aritméticas y lógicas sobre los bits cuantizados de los píxeles de la imagen. Estas operaciones pueden ser realizadas por el microprocesador central de la máquina, o por microprocesadores incorporados a las tarjetas de procesamiento. Siendo estos últimos los que ofrecen un desempeño de mayor velocidad, pero con la limitación de que una máquina posee una mínima portabilidad, ya las

características de las tarjetas suelen ser muy particulares, incluso de un modelo a otro de la misma marca.

El despliegue de la imagen es de gran importancia ya que facilita que un operario humano auxilie al sistema de procesamiento en la detección y medición de varias características de la imagen. La calidad del despliegue de la imagen depende de la resolución de la imagen almacenada, del tipo de monitor y del número de niveles de gris a los que se cuantizó.

Para poder realizar el tratamiento sobre la imagen, se requiere en general instalar sobre una computadora convencional una tarjeta que pueda digitalizar señal de vídeo proveniente de algún tipo de sensor y almacenarla para ponerla a disposición de la computadora, o procesarla con comandos enviados desde la computadora.

Comercialmente se pueden buscar dos tipos de procesamiento de imágenes, los abiertos y los cerrados. Los cerrados son los sistemas que no permiten que el usuario los modifique, ni permiten que se les use para incorporarse en aplicaciones de software particulares, típicamente consisten de un computador con tarjetas incorporadas, una cámara de vídeo y un software dedicado aun

problema específico (medicina, metalurgia, geología, etc.). Estos sistemas tienen alto costo, pero proveen una solución inmediata a problemas conocidos en la industria.

Los sistemas abiertos, por otra parte carecen de la elegancia de presentación de los sistemas cerrados, pero permiten crear cosas nuevas en ellos, especialmente facilitan la escritura de nuevas aplicaciones de software. Tienen precios reducidos, pero requieren de personal enterado para poder utilizarlos.

En el caso de la investigación siempre es deseable tener un sistema abierto, aunque esto tenga un precio como consecuencia del tiempo que se debe consumir para poner en marcha la aplicación deseada.

2.1.5 Oceanografía Por Satélite ¹ Las imágenes de color del océano proporcionadas por sensores orbitando en satélites permiten estimar la productividad orgánica primaria de una manera sinóptica, en grandes áreas. Esto es de gran importancia para apoyar más eficazmente el manejo racional de recursos pesqueros y para hacer nuestra aportación sobre el papel del océano en

¹ <http://oceanografia.cicese.mx/oceansat/copp.html>

el cambio climático global. El ciclo global del carbono y su componente de bióxido de carbono atmosférico han tomado gran relevancia en el control del clima global. El fitoplancton marino puede alterar significativamente el intercambio de carbono entre la atmósfera y el océano. La fotosíntesis marina reduce la presión parcial del bióxido de carbono en las aguas superficiales, con el resultado de que una porción de carbono orgánico recién formado (productividad nueva) se hunde fuera de la zona fótica. Lo anterior provoca un efecto neto de flujo de carbono de la atmósfera al océano. Una de las aplicaciones potenciales del uso de las imágenes de satélite de color del océano es el cálculo de la concentración de clorofila en el máximo profundo y su relación con la sobrevivencia de larvas de peces de interés comercial.

La abundancia y la distribución del fitoplancton es variable en un amplio intervalo de escalas de espacio y tiempo, de las cuales sólo una fracción puede ser resuelta por un sólo tipo de plataforma de observación (Esaias, 1981). Los datos de satélite proveen una oportunidad para resolver las escalas grandes. La variabilidad espacio-temporal del fitoplancton es un componente central de la Oceanografía Biológica para entender aun en forma descriptiva las escalas de variación en diferentes condiciones del medio ambiente, para identificar y explicar los mecanismos responsables que contribuyen a la persistencia de la heterogeneidad espacio-temporal de las poblaciones fitoplanctónicas, para entender el significado de su heterogeneidad en términos de la estabilidad del ecosistema, para

determinar los factores más importantes del crecimiento del fitoplancton y las relaciones de este crecimiento con los niveles tróficos más elevados, y para entender mejor la variabilidad fundamental del medio ambiente oceánico y por lo tanto aumentar la confiabilidad de los muestreos (Legendre y Demers, 1984; Smith et al., 1988).

Generalmente, los métodos tradicionales para medir la productividad del fitoplancton son laboriosos y no permiten llevar a cabo muchas mediciones. De esta manera el lograr el entendimiento del papel del fitoplancton en una escala global ha sido lento. Una solución a la falta de información de la productividad primaria y para una mayor comprensión del papel de fitoplancton en los ciclos biogeoquímicos, es el desarrollo de modelos matemáticos. Con la información de biomasa de fitoplancton (pigmentos fotosintéticos) generada mediante sensores remotos, aplicada a modelos de productividad, se puede tener una estimación sinóptica de la tasa fotosintética del fitoplancton en grandes regiones oceánicas.

La utilización de sensores remotos para estas estimaciones requiere de un conocimiento preciso de las propiedades bio-ópticas del agua (perfil de clorofila, variación vertical del coeficiente específico de absorción del fitoplancton, variación espectral y angular del campo de luz bajo el agua) (Watts *et al.*, 1999), parámetros fisiológicos del fitoplancton (eficiencia cuántica de la fotosíntesis, pendiente inicial

y número de asimilación de la relación fotosíntesis-irradiancia) (Kyewalyanga *et al.*, 1998) y las condiciones ambientales (localidad geográfica, nubosidad, irradiancia incidente) (Morel, 1997).

2.1.6 Plataformas Espaciales ² **CZCS:** (Coastal Zone Color Scanner). Radiómetro experimental a bordo del satélite NIMBUS-7 que funcionó entre 1978 y 1986.

Landsat: (Land Satellite). Serie de satélites de los Estados Unidos comenzada en 1972. Inicialmente fueron denominados ERTS (Earth Resources Technology Satellite). A través de diversos instrumentos han estado observando la tierra para evaluación de la tecnología de percepción remota en estudios y manejo de recursos naturales. En la actualidad los datos del instrumento TM (Thematic Mapper) son comerciales.

Spot: (Système Pour L'observation de la Terre). Serie de satélites franceses comerciales. Están funcionando desde 1986 para estudios de recursos naturales y medioambiente.

² http://www.puc.cl/sw_educ/geo_mar/html/glosario.html#cap1

NOAA: NOAA-POES (Polar-orbiting Operational Environmental Satellite). Esta serie de satélites meteorológicos que comenzó en 1979, pertenece a la institución de Estados Unidos NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration). Originalmente fueron diseñados para observaciones de la atmósfera y de la superficie de los océanos.

MOS: MOS (Marine Observing Satellite). Serie de satélites japoneses que incluyen el radiómetro VTIR (Visible and Thermal Infrared Radiometer) diseñado para estudios del mar. Está funcionando desde 1990.

ADEOS: (Advanced Earth Observation Satellite). Puesto en órbita en 1996 por la Agencia Espacial de Japón (NASDA), dejó de funcionar en 1997. Entre sus instrumentos está OCTS (Ocean Color and Temperature Scanner).

SeaWifs: (Sea Wide In View Field System). Radiómetro a bordo del satélite comercial SEASTAR de Estados Unidos, puesto en órbita en 1997. Sus objetivos son observaciones de color de agua para propósitos pesqueros.

ERS: (European Remote Sensing Satellite). Serie de plataformas espaciales comerciales de la Agencia Espacial Europea (ESA) iniciada en 1991 con propósitos de la observación del planeta mediante radares y otros radiómetros.

ERBS: (Earth Radiation Budget Satellite). Sucesor de la serie de experimentos norteamericanos ERBE iniciados en 1984, para mediciones de energía hacia y desde el planeta, como también, para estudiar la influencia de aerosoles y ozono en los flujos energéticos.

UARS: (Upper Atmosphere Research Satellite). Plataforma de Estados Unidos lanzada al espacio en 1991. Sus propósitos son estudios de la química en la estratósfera y mesósfera así como la observación de procesos atmosféricos.

LAGEOS: (Laser Geodetic Satellite). Desde 1976 utilizado en estudios de las placas tectónicas y de variaciones de la rotación de la tierra. De origen norteamericano, en la actualidad se utiliza en conjunto con los satélites GPS (Global Positioning System).

GOES: NOAA-GOES (Geostationary Operational Environmental Satellite). Serie de satélites geoestacionarios que operan desde 1974. Como los anteriores, pertenecen a NOAA y fueron diseñados para propósitos meteorológicos.

DMSP: (Defense Meteorological Satellite Program). Programa iniciado como parte de acciones de defensa de los Estados Unidos. Desde 1992 sus datos se distribuyen públicamente.

TRMM: (Tropical Rainfall Measuring Mission). Satélite japonés puesto en órbita en 1997 y que forma parte del sistema de observación de la tierra (EOS).

NESDIS: (NOAA-NESDIS) (National Environmental Satellite, Data and Information System).

FNMOCC: (Fleet Numerical Meteorology and Oceanography Center). Centro de la armada de Estados Unidos que a través de su modelo OTIS (Optimum Thermal Interpolation System) genera los mapas globales de TSM.

SEASAT: (Sea Satellite). Satellite experimental de la organización NASA, puesto en órbita en 1978. Su funcionamiento duró sólo 100 días, sin embargo sus resultados fueron lo suficientemente buenos para comprobar su utilidad.

TOPEX/POSEIDON: Puesto en órbita por Estados Unidos y Francia en 1992, con propósitos de observación de la circulación global de los océanos, su interacción con la atmósfera y para pronósticos climáticos globales.

RADARSAT: (Radar Satellite). Primer satélite canadiense de observación de la tierra, lanzado en 1995. Su instrumento principal es el Radar de Apertura Sintética (SAR).

2.1.7 La luz y el espectro electromagnético ³ La naturaleza de la luz ha sido estudiada desde hace muchos años por muchos científicos tan notables como Newton y Max Plank.

La naturaleza de la luz ha sido interpretada de diversas maneras:

³ http://almaak.tripod.com/Temas/la_luz_visible_y_el_espectro_ele.htm

Como compuesta por corpúsculos que viajaban por el espacio en línea recta (teoría corpuscular - Newton - 1670) Como ondas similares a las del sonido que requerían un medio para transportarse (el Éter) (teoría Ondulatoria - Huygens 1678, Young, Fresnel) Como ondas electromagnéticas al encontrar sus características similares a las ondas de radio (teoría electromagnética - Maxwell - 1860) Como paquetes de energía llamados cuantos (Plank).

Finalmente Broglie en 1924 unifica la teoría electromagnética y la de los cuantos (que provienen de la ondulatoria y corpuscular) demostrando la doble naturaleza de la luz.

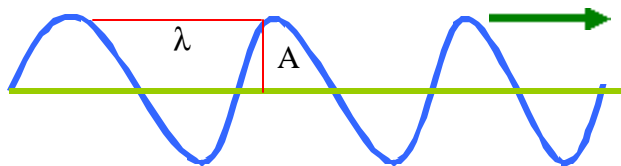


Figura 2. La radiación electromagnética

Radiación electromagnética

Consiste en una oscilación perpendicular de un campo eléctrico y magnético. Estas ondas se componen de crestas y valles (convencionalmente las primeras hacia arriba y las segundas hacia abajo). La distancia entre dos crestas o valles se denomina longitud de onda (λ) figura 2. La frecuencia de la onda esta determinada por las veces que ella corta la línea de base en la unidad de tiempo (casi siempre

medida en segundos). La amplitud de onda esta definida por la distancia que separa el pico de la cresta o valle de la línea de base (A) figura 2. la energía que transporta la onda es proporcional al cuadrado de la amplitud. La unidad de medida para expresar semejantes distancias tan pequeñas es el nanómetro (10^{-9} metros).

La Luz visible, es decir las ondas electromagnéticas para las cuales el ojo humano esta adaptado se encuentran entre longitudes de onda entre los 400 nm (violeta) y 700 nm (rojo). Como lo predijeron las ecuaciones de Maxwell existen longitudes de onda por encima y por debajo de estos limites.

Estas formas de "luz invisible" se han encontrado y organizado de acuerdo a sus longitudes de onda en el espectro electromagnético.

Espectro electromagnético

Si las ondas electromagnéticas se organizan en un continuo de acuerdo a sus longitudes obtenemos el espectro electromagnético en donde las ondas mas largas (longitudes desde metros a kilómetros) se encuentran a la derecha (Radio) y las mas cortas (longitudes de onda de de una billonésima de metros) a la izquierda (Gamma) figura 3.

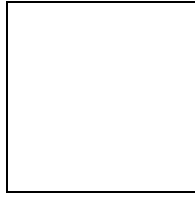


Figura 3. Rangos comunes del espectro Electromagnético.

Rayos Gamma

Fueron descubiertos por Henry Becquerel en 1876 cuando encontró que una placas fotográficas cubiertas con plomo se velaron al estar colocadas junto a un trozo de Uranio. Los rayos Gamma son los mas energéticos del espectro (10^4 eV hasta 10^{19} eV) y con menor longitud de onda. En el espectro estos rayos se extienden desde los 5×10^{19} Hz hasta aproximadamente los 10^{22} hz. (longitud de onda entre los 6×10^{-12} y 3×10^{-14} mts).

Rayos X

Fueron descubiertos por el Físico William Roentgen en 1895, cuando observó que una radiación invisible podía atravesar la piel y los músculos para dibujar los huesos de un ser vivo en una placa. Los denominó X por ser totalmente desconocidos. La región de los rayos X va desde los $2,4 \times 10^{16}$ a los 5×10^{19} hz., con longitud de onda muy reducido inferior a dos diámetros atómicos.

Rayos Ultravioleta

Localizados entre los rayos X y el espectro de luz visible, los rayos ultravioleta fueron descubiertos por Johann Wilhelm Ritter en 1801 al lograr oscurecer sales de plata exponiéndolas mas allá del extremo violeta de la luz visible. Constituyen una parte importante de la luz que envía el Sol a la Tierra. Estos rayos tienen tal energía que producen ionización de átomos y como consecuencia se forma la ionosfera en la tierra. Este fuerte efecto químico los hace tóxicos para la vida llevando a producir mutaciones cancerígenas en la piel. El Ozono es la sustancia encargada en nuestra atmósfera de absorber los rayos ultravioleta e impedir que lleguen a nosotros. La región ultravioleta del espectro se extiende desde los 8×10^{14} hasta los $3,4 \times 10^{16}$ hz. (con longitud de onda de $3,75 \times 10^{-7}$ a 8×10^{-9} mts).

Luz Visible

Isaac Newton fue el primero en descomponer la luz visible blanca del Sol en sus componentes mediante la utilización de un prisma figura 4. La luz blanca esta constituida por la combinación de ondas que tienen energías semejantes y es debido a que ninguna de estas predomine sobre las otras. La radiación visible va desde 384×10^{12} hasta 769×10^{12} hz. Las frecuencias mas bajas de la luz visible (Longitud de onda larga se perciben como rojas y las de mas alta frecuencia (longitud corta) aparecen violetas.

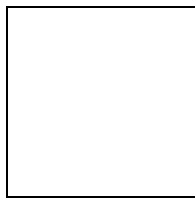


Figura 4. Componentes de la luz blanca del sol.

Rayos infrarrojos

La radiación infrarroja fue descubierta por el astrónomo William Herschel (1738-1822) en 1800, al medir la alta temperatura mas allá de la zona roja del espectro visible. La radiación infrarroja se localiza en el espectro entre 3×10^{11} hz. hasta aproximadamente los 4×10^{14} Hz. La banda infrarroja se divide en tres secciones

próxima (a lo visible. 780 - 2500 nm), intermedia (2500 - 50000 nm) y lejana (50000 - 1mm). Toda molécula que tenga un temperatura superior al cero absoluto (-273° K) emite rayos infrarrojos y estos serán mayores entre mas temperatura tenga el objeto.

Microondas

La región de las microondas se encuentra entre los 10^9 hasta aproximadamente 3×10^{11} Hz (con longitud de onda entre 30 cm a 1 mm).

Ondas de Radio

Heinrich Hertz (1857-1894), en el año de 1887, consiguió detectar ondas de radio que tenían una longitud del orden de un metro. La región de ondas de radio se extiende desde algunos Hertz hasta 10^9 Hz con longitudes de onda desde muchos kilómetros hasta menos de 30 cm.

Los Radioastrónomos en general prefieren hablar en términos de frecuencia, es decir, en ciclos por segundo, mas que en longitudes de onda, debido a que la frecuencia esta relacionada con los niveles de energía y temperatura. La unidad de medida es el Hertz (Hz). Trabajando con frecuencias es común utilizar los prefijos mega (1 millón) o Kilo (1 mil).

existe una relación entre frecuencia y longitud de onda: Si la frecuencia es alta la longitud de onda es corta:

$$v = \frac{c}{\lambda}$$

λ = frecuencia

c = velocidad de la luz (3x10⁸ mts/seg.)

λ = longitud de onda en metros.

De esta manera, por ejemplo, el color de una estrella depende de la longitud de onda que emita su superficie y esta a su vez relacionada con la temperatura superficial de la misma. Así, si una estrella es de color azul o blanco estará emitiendo ondas en la parte cercana al ultravioleta con altas frecuencias y longitudes de onda cortas indicando temperaturas altas, por el contrario, una estrella roja o anaranjada estará emitiendo longitudes de onda altas con baja frecuencia y longitud mas larga y por tanto temperaturas menores.

2.1.8 La programación orientada a objetos (Poo) Un lenguaje orientado a objetos permite crear nuevos tipos de datos definidos por el usuario, junto con nuevos operadores y funciones que realizan las gestiones de la vida diaria de estos tipos básicos de datos.

Para que un lenguaje se considere orientado a objetos debe ofrecer las siguientes tres características:

- Encapsulamiento
- Polimorfismo
- Herencia

ENCAPSULAMIENTO

Los nuevos tipos de datos se crean como conglomerados de tipos básicos. La combinación de tipos se plasma en lo que se llama “estructura”, cuyo concepto es similar al de un registro de una tabla de una bases de datos. Al crear una

estructura, el programador le asigna un nombre como nuevo tipo de dato, y le define un numero de elementos que la van a integrar.

El segundo paso es definir los nuevos operadores y funciones de miembro que representarán las actividades normales del tipo de dato creado.

El encapsulamiento es una propiedad de las estructuras que hace que solo las funciones miembro tengan acceso a las variables de instancia, de modo que exteriormente no se pueden conocer ni modificar sus valores, obligando a que la estructura se maneje como un todo, y únicamente se apliquen operaciones mediante los canales regulares que se hallan previsto en las funciones de miembro.

El encapsulamiento es la característica que inicialmente se muestra más interesante para la definición de una clase. En el ambiente **POO**, se denomina clase a estas estructuras ya que sus características han sido tomadas de la teoría de clases, cuando se declara una variable particular como tipo clase X, se le denomina objeto en esta clase.

En la programación orientada a objetos se puede hablar de dos niveles de programación, y por lo tanto de dos tipos de programadores. El primer nivel

consiste en definir las nuevas clases, sus variables de instancia y sus funciones de miembro, para perfilar completamente su comportamiento. El segundo nivel utiliza las clases creadas, y las aprovecha, mediante las operaciones que el primer nivel halla ofrecido en las funciones de miembro.

El programador de clase es por lo tanto alguien con una clara comprensión del tipo de dato que se va a definir, y con conocimientos detallados del lenguaje orientado objetos. El programador usuario, trabaja en el segundo nivel, utilizando los tipos de datos creados por el programador de clases. El programador usuario esta mas involucrado con una aplicación específica, y debe comprender el problema que pretende solucionar.

El encapsulamiento, esta orientado a obligar a los programadores usuarios a utilizar las clases tal y como fueron definidas por el programador de clases, olvidándose de los detalles de su declaración, y sin preocuparse de los mecanismos que hayan sido necesarios para su implementación.

POLIMORFISMO

El Polimorfismo es una característica que hace que una función o un operador se comporten de manera diferente frente a cada clase definida por el programador de

clases, pero ofrezca una interfaz similar a la del programador usuario. Esto facilita el trabajo de ambos programadores, por que les permite recordar únicamente el concepto de aquello que hace la operación, olvidando los detalles de cómo lo hace.

La potencia del polimorfismo solo se nota cuando se están construyendo operaciones complejas a partir de operaciones sencillas, en clases que heredan unas de otras.

Para poder implementar el polimorfismo la POO, ofrece la **sobrecarga** de operadores y funciones, que es sencillamente la posibilidad de que existan varias funciones con nombres idénticos, esto es funciones de miembro en clases diferentes.

Con esta característica de la POO, las funciones se suelen modelar como si cada operador y función fuera un mensaje que se envía al objeto para indicarle que tome una acción. El nombre igual para la acción unifica el concepto de mensaje, y la implementación del mensaje en cada clase particular define como debe ese objeto ejecutar la acción.

HERENCIA

La herencia permite que una vez que se ha definido la clase, de ella se derive una clase nueva que tiene todas las propiedades de la clase original, mas nuevas características que se le quieran agregar.

Esta propiedad sin precedentes en el mundo de la programación, aparece como un remedio al mantenimiento del software, y a la extensión de programas viejos para aplicaciones, a solucionar problemas nuevos.

Al crear una nueva clase, el programador de clases puede especificar que esta va a heredar las características de una clase base, que ya se encontraba definida. Esta potente facilidad da origen a la "Genética del Código", ya que la evolución de una clase mediante herencias es un tipo de problema genético, en el que la primera herramienta para afrontarlo es el estudio de los árboles genealógicos de la clase.

Estas características de la POO obligan al programador que viene en los lenguajes tradicionales, a modificar su forma de pensar, y olvidar arraigadas costumbres.

La primera sorpresa que se encuentra el programador, es que el “programa “ no esta en ninguna sitio, sino que la problemática del asunto se ha distribuido en muchos lugares diferentes, de modo que poco a poco se ha ido solucionando con la filosofía de: **DIVIDIR PARA VENCER.**

2.1.9 Bases De Datos El termino base de datos es algo muy común en nuestros días, y todos tenemos una idea básica de lo que es una base de datos, por lo menos a nivel abstracto.

En un ordenador, una base de datos, no es más que un conjunto de ficheros con unas características propias que los hacen especiales. Entre estas características se puede destacar su facilidad para almacenar datos de diversos formatos en un mismo fichero, y su ordenación (sí se desea).

2.1.10 Latitud y longitud ⁴ Cualquier lugar de la Tierra se determina con dos números, su **latitud** y su **longitud**. Si el piloto o el capitán de un barco quieren especificar su posición en un mapa, estas son las "coordenadas" que deben usar.

⁴ <http://www-istp.gsfc.nasa.gov/stargaze/Mlatlong.htm>

Realmente, son dos **ángulos**. Los cálculos, a menudo, representan los ángulos por letras pequeñas del alfabeto griego y, por eso, la latitud será representada por λ (lambda, Λ en griego) y la longitud por ϕ (phi, Φ en griego). Así es como se definen.

Imagine que la Tierra es una **esfera transparente** (realmente, debido a su rotación, en el ecuador sobresale un poco). A través de la Tierra transparente Figura 5, podemos ver su plano ecuatorial y en el centro el punto O, el centro de la Tierra..

Latitud: Para determinar la latitud de un punto P en la superficie, dibuje el radio OP hasta ese punto. Entonces, el ángulo de elevación de ese punto sobre el ecuador es su latitud λ , latitud norte si está al norte del ecuador, latitud sur (o negativa) si está al sur del.

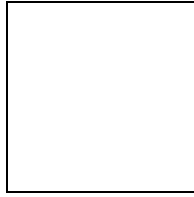


Figura 5. Determinación Angulo λ .

En el globo de la Tierra, las líneas de latitud son círculos de diferentes tamaños. El mayor es el **ecuador**, cuya latitud es 0, mientras que en los polos, en latitudes 90° norte y 90° sur ($0^\circ - 90^\circ$) los círculos se empequeñecen hasta convertirse en puntos Figura 6.

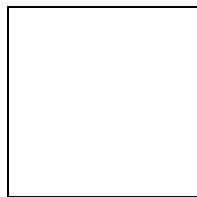


Figura 6. Latitudes.

Longitud: En el globo, las líneas de longitud constante ("meridianos") se extienden de **polo a polo**, figura 7, como los gajos contiguos de una naranja pelada.

Cada meridiano cruzará el ecuador. Como el ecuador es un círculo, podemos dividirlo, como cualquier otro círculo, en 360 grados y la **longitud f de un punto** es, entonces, el valor señalado de la división por donde ese meridiano se cruza con el ecuador.

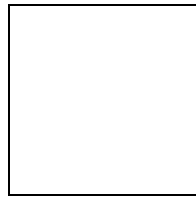


Figura 7. Determinación de Longitud .

2.1.11 Modelo de color RGB ⁵ En el modelo RGB cada color aparece en sus componentes primarias espectrales rojo, verde y azul. El modelo está basado en un sistema de coordenadas cartesianas. El subespacio de interés es el cubo que se muestra en la figura 8.

Por conveniencia se supone que todos los colores han sido normalizados de forma que el cubo es unitario, es decir se supone que todos los valores de rojo, verde y azul están en el rango $[0, 1]$.

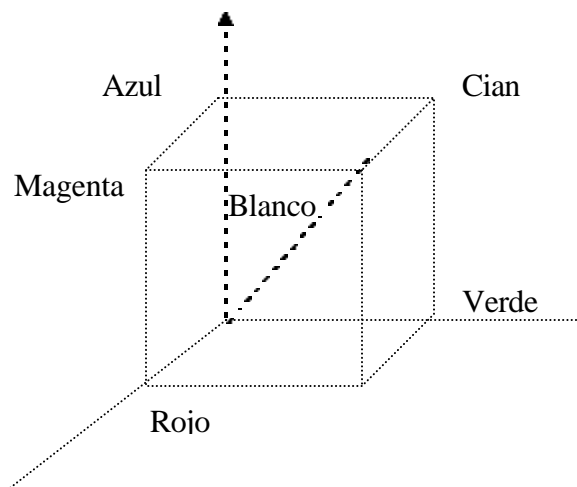


Figura 8. Cubo de color RGB. Los puntos en la diagonal principal tienen niveles de gris desde el negro en el origen al blanco en el punto $(1, 1, 1)$

⁵ http://www-tsi2.ugr.es/depar/ccia/mia/complementario/Procesamiento_Imagenes/node6.html#SECTION00631000000000000000

Las imágenes en el modelo de color RGB están formadas por tres planos de imágenes independientes, cada una de los colores primarios. Cuando son introducidas en un monitor RGB, las tres imágenes se combinan en la pantalla de fósforo para producir una imagen de color compuesta. Por tanto, el uso del modelo RGB para el procesamiento de imágenes tiene sentido cuando las imágenes vienen expresadas en términos de los tres planos de colores. Alternativamente, la mayoría de las cámaras en color y algunos satélites modernos como el SeaWiifs se usan para adquirir imágenes digitales utilizan el formato RGB.

Uno de los mejores ejemplos de la utilidad del modelo RGB es el procesamiento de imágenes aéreas y de satélites multiespectrales. Estas imágenes se obtienen para diferentes rangos espectrales. Por ejemplo, las imágenes LANDSAT se obtienen como mínimo en cuatro ventanas espectrales distintas de la misma escena. Dos ventanas están en el espectro visible y corresponden aproximadamente a verde y rojo; las otras dos están en el infrarrojo. Así pues cada plano de la imagen tiene sentido físico y la combinación de color utilizando el modelo RGB para procesamiento y visualización tiene sentido cuando se ve en una pantalla en color.

2.1.12 El fitoplancton ⁶ es la "hierba" del mar. Son algas microscópicas que están flotando en el agua en la capa fótica, ricas en proteínas y otros compuestos que los animales herbívoros del zooplancton digieren con facilidad. Estas algas se desarrollan con mucha rapidez, y tienen un ciclo de vida muy breve.

El fitoplancton es la base de la vida marina, ya que los animales dependen de los vegetales. Donde las condiciones son favorables y se produce abundante fitoplancton también hay abundancia de animales. El color verde del agua es un indicador de la cantidad de fitoplancton. Cuando este es muy abundante, el agua es de un color verde intenso. Por el contrario, las aguas de color azul son indicadoras de una escasa cantidad de fitoplancton.

La abundancia de fitoplancton varía mucho a lo largo del año y de un lugar a otro. En ciertas estaciones del año, generalmente durante la primavera, se produce mucha cantidad de fitoplancton, y en otras estaciones, en el invierno generalmente, el fitoplancton es muy escaso. En ciertas zonas marinas, las condiciones oceanográficas y climatológicas favorecen la producción de fitoplancton, mientras que aquellas condiciones determinan la existencia de zonas marinas pobres en fitoplancton.

⁶ http://www.geocities.com/cetaceos_sec/ecosistemas-sist_pelagico-fitoplancton.htm

2.1.13 Plataforma SeaWifs Para el caso de esta investigación se escogió la plataforma satelital del **SeaWifs** ya que:

- ❖ Es una de las mas recientes tecnologías en cuanto a satélite se refiere lanzada por la NASA.
- ❖ Maneja el formato de imágenes a color, aspecto que hace las imágenes mucho mas reales en lo que adquisición se refiere.
- ❖ capta las imágenes en 8 bandas del espectro electromagnético visible, característica que hace a la imagen portadora de mas información.

Aspectos generales del funcionamiento del SeaWifs: El sensor SeaWiFS (Sea-viewing Wide Field of view Sensor), es un espectroradiómetro montado en el satélite SeaStar, el cual fue puesto en órbita en septiembre de 1997. El propósito de este sensor es el de obtener datos de color de los océanos del mundo por un periodo de, al menos, 5 años. SeaWiFS fue diseñado para examinar los factores biogeoquímicos del océano que afectan ó influyen en el cambio global. Dado que el fitoplancton marino es importante en el ciclo global del carbono, los datos provenientes del SeaWiFS servirán para evaluar el papel del océano dentro de este ciclo. Para ello, este instrumento cuenta con 8 bandas (cuadro 1) espectrales.

Las bandas 1 a la 6 están localizadas en la región óptica del espectro electromagnético (400 - 700 nm) y se ubican en zonas características de absorción y/o reflexión del fitoplancton. Las bandas 7 y 8 se localizan en la región del infrarrojo cercano ó reflectivo (745 -885 nm) y son de utilidad para realizar una adecuada corrección atmosférica.

El Seawifs es un sensor óptico interactivo que detecta solo las radiaciones reflejadas de la tierra en el espacio, que no son mas que la parametrización global de la superficie. Esta información es mostrada por el satélite en las bandas del cuadro 1:

Nº Bandas	Bandas (nm)	Región Espectral	Color Representativo	Aspectos Principales
Banda 1	402-422 * (412)	Visible	Violeta	Absorción de clorofila
Banda 2	433-453 (443)	Visible	Azul	Absorción de clorofila
Banda 3	480-500 (490)	Visible	Azul / Verde	Absorción de carotenos
Banda 4	500-520 (510)	Visible	Verde	Reflectancia clorofila
Banda 5	545-565 (555)	Visible	Verde / Amarillo	Reflectancia de clorofila
Banda 6	660-680 (670)	Visible	Rojo	Absorción de clorofila
Banda 7	745-785 (675)	Infrarrojo	Cerca de infrarrojo	Corrección atmosférica
Banda 8	845-885 (856)	Infrarrojo	Cerca de infrarrojo	Corrección atmosférica

Cuadro 1. Valores de bandas SeaWiFS.

* Valor promedio del rango

Como ya se expresó El SeaWiFS está diseñado para la detección del color del océano y es la continuación del sensor Coastal Zone Color Scanner (CZCS). Este último proporcionó información valiosa durante cerca de 10 años en aspectos tales como la detección de pigmentos fitoplanctónicos; observaciones de abundancia de clorofila; la determinación del coeficiente de atenuación difusa en el mar; y la estimación de la productividad primaria en el océano. SeaWiFS fue lanzado al espacio, usando nuevas bandas de observación, aspecto que lo hacía diferente a

la plataforma CZCS y ofreciendo la posibilidad de aplicar algoritmos mas eficientes para la detección de organismos marinos en base a colores, además el SeaWIFS tiene la capacidad de realizar mediciones en longitudes de onda especialmente calibradas para la detección de pigmentos clorofílicos, variable que no maneja el CZCS y los demás satélites.

Los datos obtenidos por el SeaWifs son sometidos a un conjunto de procedimientos y algoritmos (software), resultando imágenes o productos que puede ofrecer la plataforma a distintos niveles de procesamiento, por ejemplo: L0, L1A, L1B y L2 (Level o Nivel).

La mayor parte de los productos que se pueden obtener a partir de los datos del sensor SeaWiFS son de carácter oceánico, pues la elección de bandas espectrales se ha hecho teniendo en cuenta el estudio de los océanos. Entre los productos de nivel 2 se encuentran:

- radiancias de aguas emergentes
- radiancias del aerosol
- concentración de pigmentos
- **concentración de clorofila-a**
- coeficiente de atenuación difusa

- valor épsilon para corrección de aerosoles
- espesor óptico del aerosol

Los productos de L0, L1A y L1B son las imágenes tomadas por el satélite sin ningún procesamiento.

2.1.14 Imágenes digitales a color vs. blanco y negro ⁷ las imágenes digitales, son la representación comprensible para el ordenador de formas, a través de un formato digital (mediante unos y ceros). La diferencia de trabajar con imágenes a color o blanco y negro esta fundamentada en lo siguiente:

Imágenes bitonales (blanco y negro): se representan mediante una matriz de bits, los cuales sólo se pueden encontrar en dos estados activados o desactivados. Su ventaja principal es el poco espacio de almacenamiento que requieren, siendo su mayor de desventaja la imposibilidad de poder representar imágenes en color y la baja resolución que presentan. Estas imágenes pueden mejorarse a través de la técnica del halftoning. Esta técnica consiste en crear una ilusión de variedades de gris mediante la utilización de patrones binarios de blanco y negro.

⁷ http://members.nbc.com/unet1/malaguera/tema_com5.htm

Las imágenes a color aunque ocupan mayor espacio son las que mejor representan la captura, ya que se utiliza un byte para representar cada píxel, con lo que es posible representar hasta 256 distintas tonalidades de grises o colores. En el caso de imágenes en color, cada byte representa un número que a modo de índice es utilizado para buscar el color real de ese píxel en una tabla, en la que están representados todos los colores disponibles para esa imagen. Esta tabla se denomina paleta de colores y cada imagen lleva asociada la suya propia. Las imágenes muestran la preescisión o calidad de la captura de acuerdo a los siguientes tipos:

Color real: son las de mayor calidad y las que más espacio ocupan. Cada píxel contiene información completa sobre su color, que se expresa como una combinación de diferentes intensidades de rojo, verde y azul. El número de colores posible depende de l número de bits que se usen para representar cada píxel. Como se representan las imágenes con los tres colores básicos o primarios (verde, rojo y azul), el color de cada píxel está compuesto por la mezcla de estos tres, por lo que el número de bits de almacenamiento para un píxel en color real será generalmente múltiplo de tres. Así un color de 16 bits es realmente un color de 15 bits, teniendo uno sobrante al que se le da otro uso. Se suelen usar tres tipos de archivos de imagen de color real:

Color real de 16 bits: permiten 32 tonos distintos de cada color primario que combinados proporcionan 32.768 posibles colores.

Color real de 24 bits: se suelen almacenar por planos de color. Cada plano contiene la imagen en un color: una de color rojo, otra de color verde y otra de color azul. La imagen final se obtiene como combinación de los tres planos. Cada plano se representa mediante píxeles de 8 bits, lo que da 256 colores por plano, con un total de algo más de 16 millones de colores.

Color real de 32 bits: es posible representar cada color primario mediante 10 bits lo que proporciona más de 1000 millones de colores.

2.1.15 Procesamiento de la imagen para el caso de esta investigación se optó por utilizar la plataforma SeaWifs, que procesa las imágenes con el paquete computacional SeaDAS, el cual funciona sobre la plataforma o sistema operativo Linux. Por lo anterior se hace un breve reseña de cada uno a continuación.

Linux ⁸ : Es un Sistema Operativo para PC que usa procesadores 386, 486 y Pentium. Linux hace toda una cantidad de funciones un precio inmejorable. Es Gratis!!! A diferencia del sistema operativo Unix, Linux se distribuye de forma

⁸ <http://www.linux.org.ve/que.shtml>

gratuita bajo una licencia pública general de GNU, poniéndolo a disposición de cualquiera que lo desee utilizar. Aún cuando Linux tenga registro de Copyright, y no sea estrictamente de dominio público. La licencia tiene por objeto asegurar que Linux siga siendo gratuito y estándar. El hecho de que Linux sea gratis da a la gente a veces, la impresión equivocada que de algún modo es inferior a un sistema operativo profesional. Pero no es verdad, ya que con el solo hecho de estar basado en UNÍX lo hace una plataforma robusta y confiable.

Linux incluye multitarea real, conectividad, es de 32-bits, TCP/IP, manejo de memoria, y otros. Se puede usar como una estación de trabajo UNIX ó como servidor para tareas que abarcan desde servidor de Web altamente eficiente hasta estaciones de trabajo de bajo costo para redes cliente/servidor. La lista de características de Linux es impresionante. Sin embargo, los factores que aseguran el éxito a largo plazo de Linux tienen poco que ver con la lista de características, sino mas bien con su licencia.

Características: En líneas generales podemos decir que Linux dispone de varios tipos de sistema de archivos para poder acceder a archivos en otras plataformas. Incluye un entorno gráfico X Windows, que nada tiene que envidiar a los modernos y caros entornos comerciales. Está orientado al trabajo en red, con todo tipo de facilidades como correo electrónico por ejemplo. Posee cada vez más software de

libre distribución, que desarrollan miles de personas a lo largo y ancho del planeta. Linux es ya el sistema operativo preferido por la mayoría de los informáticos. Un ejemplo de la popularidad que ha alcanzado es sistema y la confianza que se puede depositar en él es que incluso la NASA ha encomendado misiones espaciales de control de experimentos a la seguridad y la eficacia de Linux, además ha desarrollado aplicaciones importantes para el sensoramiento remoto que corren sobre esta plataforma.

Seadas: (SeaDAS - SeaWiFS Data Analysis System) es un paquete de análisis y visualización de imágenes SeaWiFS, donde se pueden obtener mapas digitales de clorofila. Información acerca del programa y nuevos avances se puede conseguir en la pagina <http://seadas.gsfc.nasa.gov/>. Este programa se encuentra instalado en el disco **root/Home** , en el directorio **seadas**. Para acceder el programa:

1. Abrir un code Editor
2. Digitar csh ↵
3. Digitar CD \$SEADAS ↵
4. Digitar Source config/seadas.env ↵
5. Digitar Seadas – em ↵

Al ejecutar el comando *seadas - em*, aparecerá en la parte superior izquierda del monitor la barra de herramientas para el procesamiento sedas (Seadas main menu) figura 9.



Figura 9. Barra de procesamiento Seadas

Para el procesamiento de imágenes de Level-1 (I1) a Level-2 (I2) se siguen los siguientes pasos:

1. Presionando el botón de **Process** figura 9, seleccionar -> **SeaWiFS** -> **msl12**
2. En la casilla marcada como **Output L2 file** (2), dar el nombre y directorio de salida de la imagen procesada figura 10. En esta misma ventana casilla presionar el botón **Select** para seleccionar la imagen L1 que se desea procesar Figura 11.

Archivo y directorio de salida (2)

Archivo de entrada (1)

SeaWiFS L1A or L1B input file /d3/seawifs/11a/S2000252155800.L1A_HVEN Select

L2 output file 1 /d3/seawifs/12/S2000252155800.L2 Select L2 Products

L2 output file 2 Select L2 Products

L2 output file 3 Select L2 Products

Process subset range: (0 for end of scan and end of file)

Pixel range: 1 / 0 Line range: 1 / 0

Pixel subsampling interval 1 Line subsampling interval 1

Control-point pixel increment for lon/lat arrays (0 = optimize) 8

Aerosol mode option:

Fixed model number 5

Aerosol optical depth -1

Max iterations 10

Single-scattering white aerosols Multi-scattering (7/8 with NIR iter)

Multi-scattering (band 7/8 model) Multi-scattering (6/8 with NIR iter)

Multi-scattering (band 6/8 model) Multi-scattering with fixed model

Out-of-band correction: No correction No Lw correction Full correction

Apply oxygen a-band correction: No Yes

First MET file /d2/laura/ancillary/S200025206_NCEP.MET

Second MET file /d2/laura/ancillary/S200025212_NCEP.MET

Third MET file /d2/laura/ancillary/S200025218_NCEP.MET

Parameter file Option

Log file (for submit only) : /dev/null

Quit Help Submit Run

Archivos
meteorológicos (3)

Figura 10. Menu de opciones del procesamiento ms12

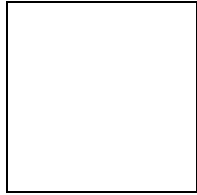


Figura 11. Selección de archivos I1 para procesar

3. En la ventana menu de opciones de procesamiento seleccionar Select L2 Product para que se despliegue la ventana de selección de producto a obtener figura 12.

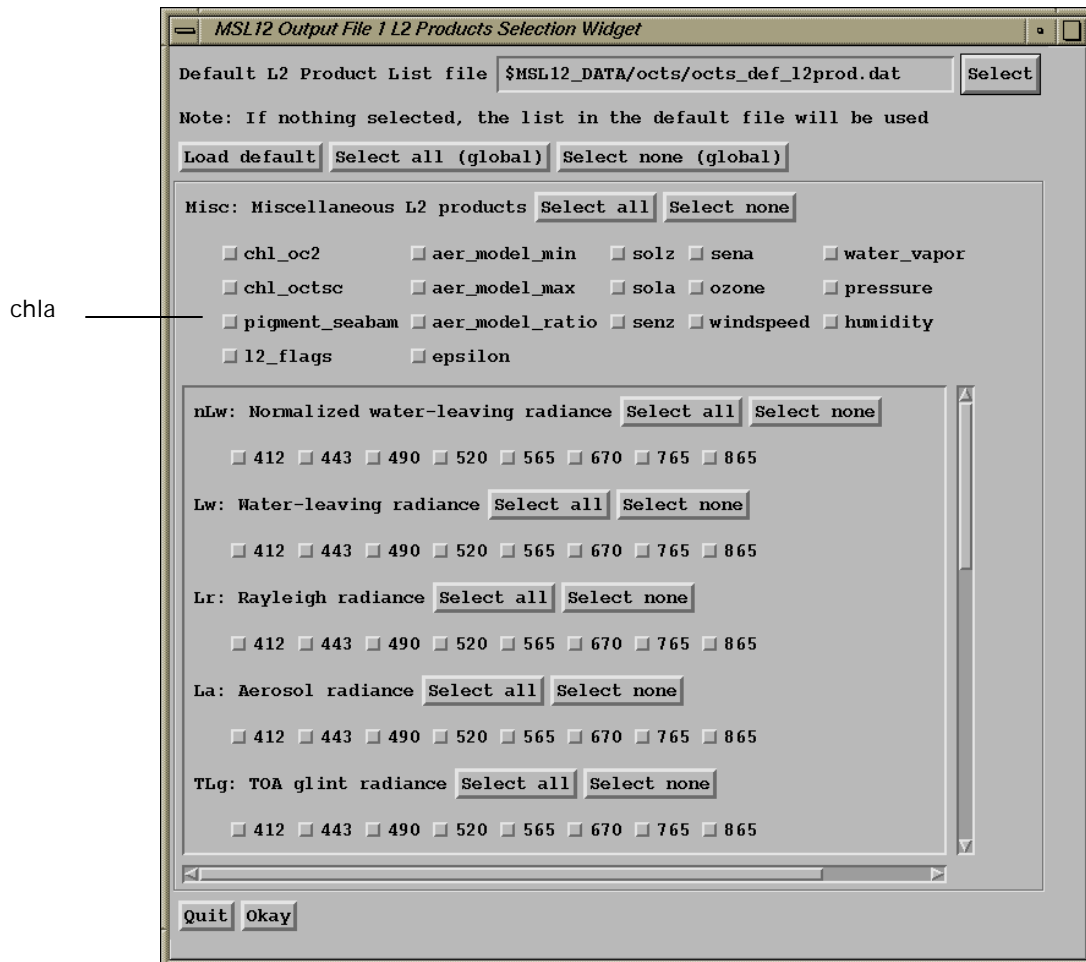


Figura 12. Selección de producto a obtener

4. Presionar el botón **Run** para iniciar el procesamiento, o **Quit** para salir del menú.

Este procesamiento usualmente toma de 2 horas a 4 horas por imagen. El nuevo producto tendrá la terminación y el nombre que se le asignó.

Archivos meteorológicos: El nivel de procesamiento l2 ya tiene correcciones atmosféricas, para las cuales son necesarias las características de la atmósfera en el día particular en la cual se tomo la medición. En la base de datos de la DAAC (Data Access) se seleccionan los datos meteorológicos que se necesiten, los cuales son enviados vía FTP a la dirección de correo del usuario. La dirección de acceso a la DAAC es:

http://daac.gsfc.nasa.gov/data/dataset/SEAWIFS/01_Data_Products/05_Ancillary/index.html

Para el procesamiento de las imágenes, el programa msl12 pide 3 archivos meteorológicos y 3 de ozono. Los datos meteorológicos tienen la terminación .MET, y son 4 por día. Los de ozono (EPTOMS) tienen la terminación .OZONE y son 1 por día, por ejemplo:

Si se esta procesando el día 13 de septiembre, los archivos que se necesitaría son:

Imagen a procesar: S20002572160546.L1A_HVEN

First MET file S200025006_NCEP.MET

Second MET file S200025012_NCEP.MET

Third MET File S200025018_NCEP.MET

First OZONE file S200024912_EPTOMS.OZONE

Second OZONE file S200025012_EPTOMS.OZONE

Third OZONE file S200025112_EPTOMS.OZONE

La idea es que el segundo archivo de los dos parámetros atmosféricos sea el mas cercano al momento del pase (fecha y hora).

Procesamiento de Level-2 (I2) a Level-2 Map (I2map)

La imagen el I2 se encuentra corregida atmosféricamente, pero no se encuentra en proyección de mapa, como se necesita para estudios de fitoplancton y otras dinámicas marinas. Para ello es necesario correr la imagen con otro proceso que es el bl2map.

Presionando el botón de **Process**, seleccionar -> **SeaWiFS** -> **bl2map** figura9.

En la casilla marcada como **Input file** (1), seleccionar con el botón "Select" el archivo deseado (fig. 10)

En la casilla marcada como **Output file** (2), dar el nombre y directorio de salida de la imagen procesada.

Si se desea procesar un área particular de la imagen, se pueden introducir las coordenadas correspondientes a esa zona, y el tamaño correspondiente de la imagen a ser generada (3) figura 13.

Archivo de salida (2)

Archivo de entrada (1)

Coordenadas
de la ventana
de interés
(3)

Input file : /d3/seawifs/l2/s20002501645.L2 Select

Output file: ra/L2map/S20002501645.L2map Mode: New

Map Projection Inputs:

Projections: Cylindrical

Center Lat/Lon : 999.0 999.0 Rotation : 999.0

Central Azimuth: 0.0 (angle in degrees East of N.)

◆ Unset Scale ◆ Set Scale Scale: 1.00E+00

Lat Limit (South,North): 10 15 Isotropic

Lon Limit (West,East): -66 -61.7

Output Size: 478 555

Output Region: Bot-L: 0.0 0.0 Top-R: 1.0 1.0

Parameter file: Select Load Save

Log file (for submit only) : /dev/null

Select output products:

chlor_a nlw_412 nlw_510 tau_865

angstrom_510 nlw_443 nlw_555 eps_78

K_490 nlw_490 nlw_670 12_flags

Current working product : chlor_a

Title : chlor_a Missing Value :

Quit Help Submit Run

Producto de interés (4) **Figura 13** Elección de subregión

2.2 RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN

Las técnicas a utilizar para la obtención de la información para esta investigación se apoyan en 2 tipos de información:

2.2.1 Fuentes Primarias La información recopilada para este proyecto se obtuvo principalmente en la página de la NASA del sitio en Internet: <http://daac.gsfc.nasa.gov> , <http://seawifs.gsfc.nasa.gov/SEAWIFS.html> y en la FUNDACIÓN INSTITUTO DE INGENIERA de Caracas - Venezuela

2.2.2 Fuentes Secundarias La información recopilada para este proyecto se adquirió por principalmente de libros, trabajo de investigación relacionados con este tema, y páginas Web como:

http://daac.gsfc.nasa.gov/CAMPAIGN_DOCS/OCDST/seawifs_readme.html

<http://www.stvincent.ac.uk/Resources/Astro/NASA/SeaWiFS/>

<http://seawifs.gsfc.nasa.gov/SEAWIFS.html>

http://www.geocities.com/ocean_buoys/7e.html

<http://www.crepad.rcanaria.es/thematic/2bb.html>

<http://www.imarpe.gob.pe/argen/adc/web/seawifs.html>

<http://www.teledet.com.uy/seawifs.htm>

3. ESTRATEGIA OPERATIVA, ADMINISTRATIVAS Y CONTROL DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 ESPECIFICACIÓN OPERACIONAL DE ACTIVIDADES:

El trabajo se ha estructurado según las reglas de calidad del software en (5) cinco partes o etapas, que permiten la aplicación de controles y aprobaciones, que conducirán al buen manejo administrativo del proyecto.

3.1.1 Recolección De La Información En esta etapa del proyecto es donde se adquirieron las imágenes satelitales, además se estudiaron proyectos de investigación que tenían alguna similitud con el proyecto a desarrollar y se hace la documentación sobre el procesamiento digital de imágenes.

3.1.2 Proceso De Diseño Es el primer paso de las 3 actividades técnicas del desarrollo del software. Es un proceso interactivo por el cual se traducen los

requisitos que en este caso son las imágenes y su terminología de colores en el software de análisis.

3.1.2.1 Diseño de datos: En este paso se transformo él modelo de dominio de la información, creada durante el análisis, en las estructuras de datos necesarias para implementar el software.

3.1.2.2 Diseño arquitectónico: En este paso se definió la relación entre los principales elementos estructurales del programa (Modularidad).

3.1.2.3 Diseño de la interfaz: En este paso se diseñaron las diferentes pantallas, menús y entornos, por los cuales la interacción usuario-software se llevara a cabo correctamente.

3.1.2.4 Diseño procedimental: Se hizo la especificación procedimental necesaria para definir los detalles de los algoritmos. En otras palabras, lo que sé hizo fue materializar toda la información acumulada en el paso anterior en un lenguaje natural compatible a todas las personas que están fuera del mundo del software.

3.1.3 Codificación En este paso se materializo toda la información recopilada en los 2 pasos anteriores haciendo uso de lenguajes de programación especializados, en esta parte; también se realizo la documentación progresiva de todos los componentes del software.

Para el caso de esta investigación se utilizo la plataforma SeaDAS para el procesamiento de las imágenes y Delphi 4.0 sobre la que se diseñaron estructuras y algoritmos capaces de hacer el análisis, caracterización y predicción de las imágenes.

4. MODELADO DEL ANALISIS

4.1 DIAGRAMA DE CONTEXTO.

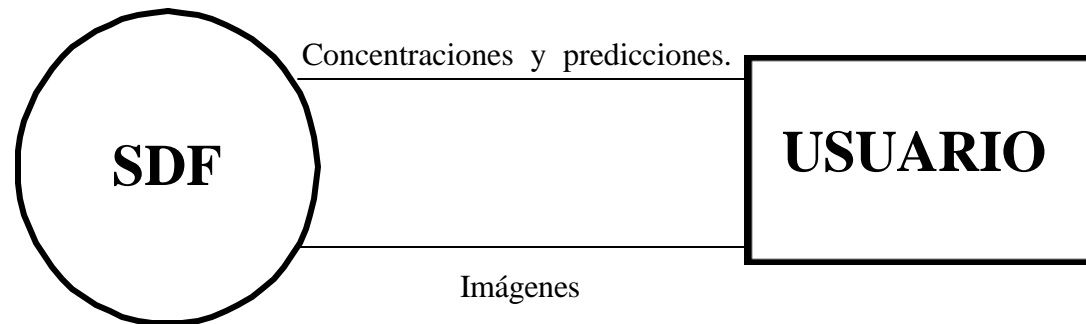


Figura 14. Diagrama de contexto

4.2 DIAGRAMA DE NIVEL 0

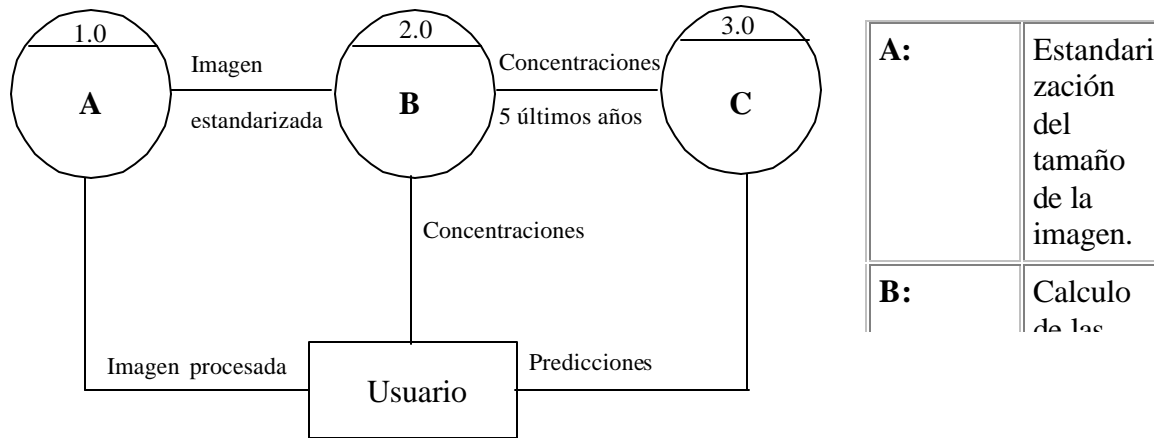


Figura 15. Diagrama de nivel 0

4.3 DIAGRAMA DE NIVEL 1

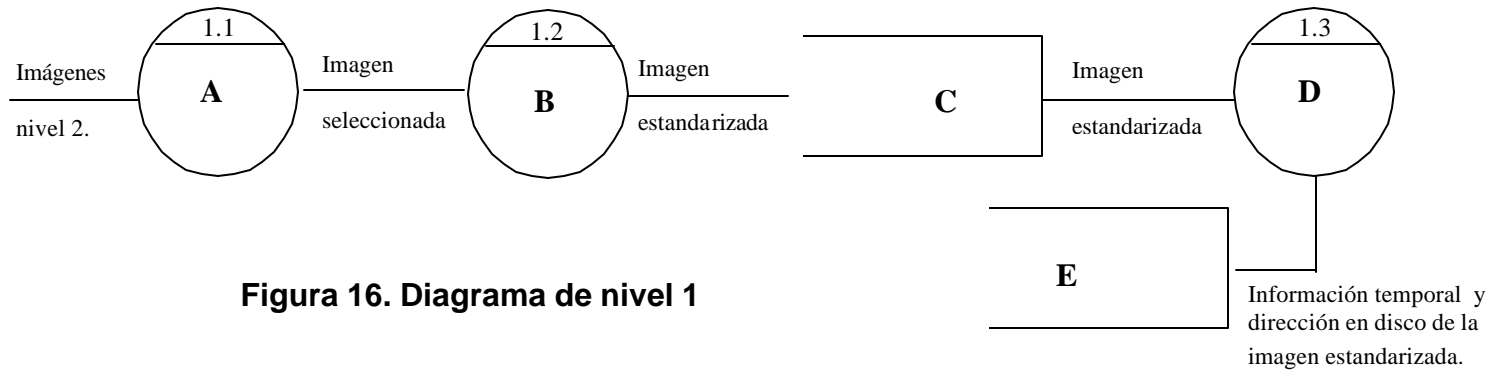


Figura 16. Diagrama de nivel 1

A: Seleccionar imagen de nivel 2.

B: Estandarización (150x150 pix.) región a guardar de la imagen.

C: Archivo de imágenes estandarizadas.

D: Selección información temporal de la imagen.

E: Archivo de información temporal de la imagen y dirección, de imágenes estandarizadas

4.3.1 Diagrama De Nivel 1 (continuación).

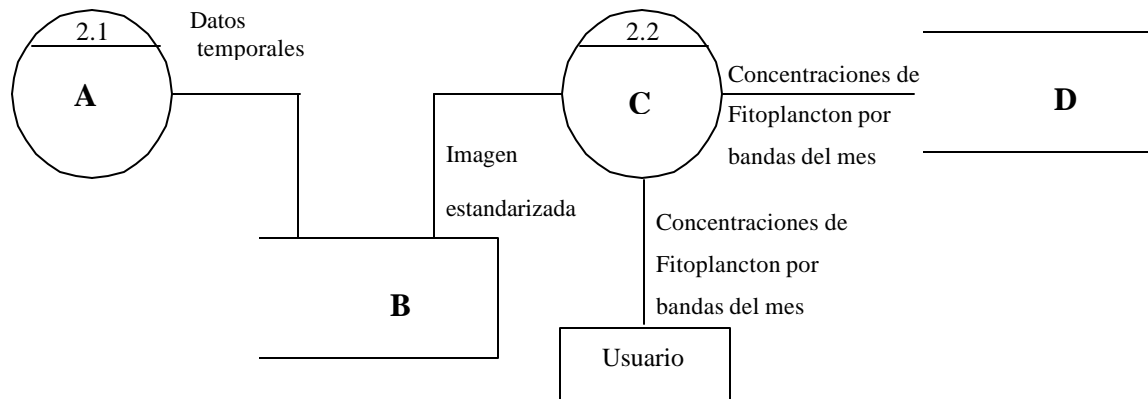


Figura 17. Diagrama de nivel 1

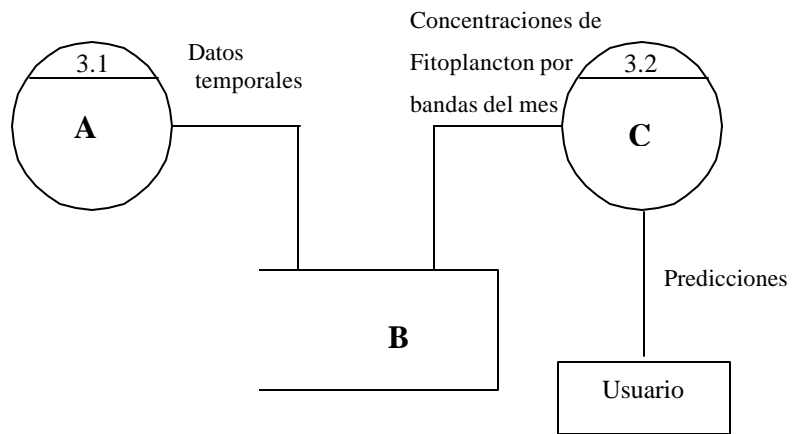
A: Seleccionar datos temporales de la imagen

D: Archivo de concentraciones de pigmentos

B: Archivo de información temporal de la imagen y dirección, de imágenes estandarizadas

C: Calculo de matrices concentraciones de fitoplancton.

4.3.2 Diagrama De Nivel 1 (continuación).



A:	Selección de datos temporales de la predicción.
-----------	---

B: Archivo de concentraciones de fitoplancton

Figura 18. Diagrama de nivel 1

4.4 MODELO DE DATOS

4.4.1 Tabla Enero.

Tabla 1. Campos Tablas Meses (Base de Datos)

B.D. Enero	Dia *	Año *	Grafica
	Numérico (2)	Numérico (4)	Alfanumérico (255)
	1,00	1998,00	C:\SDF\Imagenes\1999\Enero\e1.bmp

Como la tabla enero (Tabla 1), existen en la base de datos 11 tablas mas que representan los meses desde Febrero hasta Diciembre, y tienen la misma estructura de archivos.

4.4.2 Tabla Concentraciones

Tabla 2. campos Tabla Concentraciones (Base de Datos)

Concentraciones	Año *	Mes *	B4X	B4Y	B5X	B5Y
	Alfanúm.	Alfanúm.	Alfanúm.	Alfanúm.	Alfanúm.	Alfanúm.
	(4)	(4)	(4)	(4)	(4)	(4)
	1998	1	83	63	85	63

4.4.3 Estructuras De Datos

Mes = Día + Día = dia.Text +

Año + Año = ano.Text +

Grafica + Grafica = DirectoryListBox1.Directory+'\' + Edit1.Text+
Edit1, contiene la ruta de acceso a la imagen disco.

Concentraciones = Año Ano.text +

Mes Mes

B4X B4X

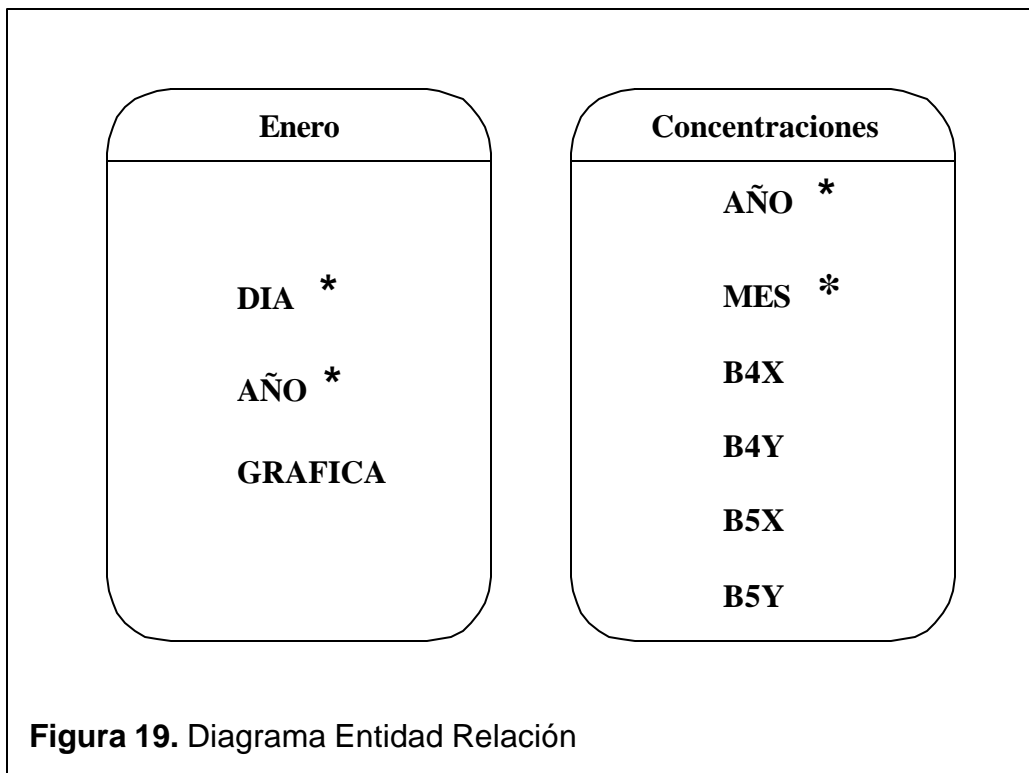
B4Y B4Y

B5X B5X

B5Y B5Y

4.5 MODELO ENTIDAD RELACIÓN.

La estructura de entidades del SDF a nivel de la base de datos ,es como la mostrada en la figura 19. Estas estructuras se encuentran aisladas ya que no comparten ningún dato entre si.



4.6 DESCRIPCIÓN DE LOS ATRIBUTOS DE LAS TABLAS

Cuadro 2. Atributos de la Base de Datos

Atributo	Descripción
Día	La función de este un campo es la de identificar el día del mes que se guarda en la base de datos.
Año	Este campo guarda el año de las imágenes grabadas en la base de datos, para el caso de las tablas de Enero, Febrero,... y para la tabla concentraciones guarda el año al que corresponden los meses en que se determina la concentración.
Grafica	Se almacena en este atributo la ruta de direccionamiento de la imagen.
B4X	Guarda la concentración del año y mes indicado en la banda 4
B4Y	Guarda la concentración del año y mes indicado en la banda 4
B5X	Guarda la concentración del año y mes indicado en la banda 5
B5Y	Guarda la concentración del año y mes indicado en la banda 5

5. DISEÑO PROCEDIMENTAL

5.1 OBTENCIÓN DE INFORMACIÓN DE LA IMAGEN

En la búsqueda de herramientas para el correcto estudio y caracterización de las imágenes, encontré que estas debían ser evaluadas o rastreadas, con ciclos repetitivos anidados, validando a cada píxel dentro de un rango de color entre [0..255] , de tal forma que al final de este recorrido se tuviese una matriz de coordenadas (X,Y) de las ubicaciones de los píxeles.

Utilice 2 de 2 filas por 30 columnas (representando el mes) matrices que acumulaban los las concentraciones diarias de las imágenes, para la banda 4 y 5 (Ventana Evaluar Mes), estas matrices son sumadas por filas, resultando un total por mes, el total se divide entre el numero de días resultando una concentración promedio mes, para cada banda, estos datos son los que se graban en la tabla de concentraciones de la base de datos base de datos.

Para trabajar con valores de concentración enteros, al realizar la media, redondeo el valor de la concentración.

5.2 APLICACIÓN DE LA TEORÍA DE AJUSTE RECTILÍNEO

Como ya se expuso el SDF utiliza la teoría de ajuste rectilíneo, para el calculo de la predicción, la abstracción de prueba que se hizo del modelo se visualiza con los datos de imágenes desde el 1998 hasta el 2001(tablas 3,4,5y 6) para el mes de Enero en las bandas 4 y 5, utilizando la ecuación de predicción y las ecuaciones a y b.

Para obtener la predicción de la concentración del 2001 (esto con el objetivo de constatar que los resultados del modelo se ajustan a la concentración real, ya que este dato existe según el cuadro 3. Se aplican los conceptos de ajuste rectilíneo resultando los cuadros 4 y 5.

Tabla 3. Valores de concentraciones por día banda 4 y 5 para enero 1998.

Enero						Media
1998						
B4(Latitud)	92	87	79	76	79	83
B4(Longitud)	62	60	65	65	61	63
B5(Latitud)	83	81	74	83	106	85
B5(Longitud)	72	68	72	65	38	63

Tabla 4. Valores de concentraciones por día banda 4 y 5 para enero 1999.

Enero								Media
1999								
B4(Latitud)	83	93	82	10	99	90	79	90
B4(Longitud)	61	62	63	39	63	64	64	59
B5(Latitud)	65	83	75	85	91	72	66	77
B5(Longitud)	72	72	68	64	73	75	75	71

Tabla 5. Valores de concentraciones por Día banda 4 y 5 para enero 2000.

Enero					Media
2000					
B4(Latitud)	77	75	72	83	82
B4(Longitud)	67	64	66	62	65
B5(Latitud)	70	88	82	73	78
B5(Longitud)	71	73	68	71	71

Tabla 6. Valores de concentraciones por Día banda 4 y 5 para enero 2001.

Enero					Media	
2001						
B4(Latitud)	81	87	79	83	71	80
B4(Longitud)	63	60	62	64	62	62
B5(Latitud)	82	76	63	77	77	75
B5(Longitud)	67	72	76	71	64	70

Cuadro 3. concentraciones Promedio (Año/Mes) Enero en Banda 4 y 5

	Enero			
Año	B4(Latitud)	B4(Longitud)	B5(Latitud)	B5(Longitud)
1998	83	63	85	63
1999	90	59	77	71
2000	82	65	78	71
2001	80	62	75	70

La predicción se realiza para cada una de las bandas, por ejemplo para la banda 4.

Y_i : Dato obtenido de concentración en cualquiera de las bandas.

X_i : Consecutivo iniciado en 0.

n : Es el numero de periodos o años escogidos.

Diferencia: Es el resultado de restar el año a predecir menos el año inicial del conjunto de datos.

Cuadro 4. Ajuste Rectilíneo a 2001 Mes Enero, Para la Banda 4.

Años	Y_i	X_i	X_i²	X_i*Y_i
1999	83	0	0	0
2000	90	1	1	90
2001	82	2	4	164
S	255	3	5	254

Cuadro 5. Ajuste Rectilíneo a 2001 Mes Enero, Para la Banda 4.

Años	Y_i	X_i	X_i²	X_i*Y_i
1999	63	0	0	0
2000	59	1	1	59
2001	65	2	4	130
S	187	3	5	189

Despejando el sistema de ecuaciones (ecuaciones a y b) en el modelo de ajuste rectilíneo se tiene:

$$c = \left(\frac{\sum x * \sum (x * y) - \sum x^2 * \sum y}{\sum x * \sum x - \sum x^2 * n} \right)$$

$$b = \left(\frac{\sum y - n * c}{\sum x} \right)$$

Por tanto reemplazando los valores ya calculados en la tabla 9 y 10 en las formulas se obtiene las siguientes predicciones

Tabla 9.

$$c = ((3*254) - (5*255))/((3*3) - (5*3))$$

$$\mathbf{c = 85.5}$$

$$b = (255 - (3*85.5))/3$$

$$\mathbf{b = -0.5}$$

$$c = ((3*187) - (5*187))/((3*3) - (5*3))$$

$$\mathbf{c = 61,33333333}$$

$$b = (187 - (3*61.33333333))/3$$

$$\mathbf{b = 1.000000003}$$

Montando los valores de c y b obtenidos en la ecuación de predicción se tiene que:

$$\bar{Y}_{(2001)} = b * \text{Diferencia} + c$$

$$\text{Diferencia} = 2001 - 1998 = 3$$

$$\bar{Y}_{(2001)} = (-0.5*3) + 85.5$$

$$\bar{Y}_{(2001)} = 84$$

$$Y_{(2001)} = b * \text{Diferencia} + c$$

$$\text{Diferencia} = 2001 - 1998 = 3$$

$$\bar{Y}_{(2001)} = (1.0000003 * 3) + 61.33333333$$

$$\bar{Y}_{(2001)} = 64.33333334 \text{ @ } 64$$

Los valores calculados para el mes de enero del 2001 en la banda 4 y los valores de predicción calculados se encuentran en el cuadro 6.

Cuadro 6. Comparación valores calculados de concentración vs. predicción.

	Valores Calculados Imágenes Enero 2001		Valores de Predicción	
B4	80	62	84	64
	(Latitud)	(Longitud)	(Latitud)	(Longitud)

Los valores calculados de concentración están en coordenadas de la imagen, que varían entre [0..150] en (X,Y), por lo cual implemente dos función a las que se le pasan los valores de X e Y respectivamente y devuelve la equivalencia en grados de ese punto.

La equivalencia de los grados con la medida de la imagen están fundamentadas en la figura 20.

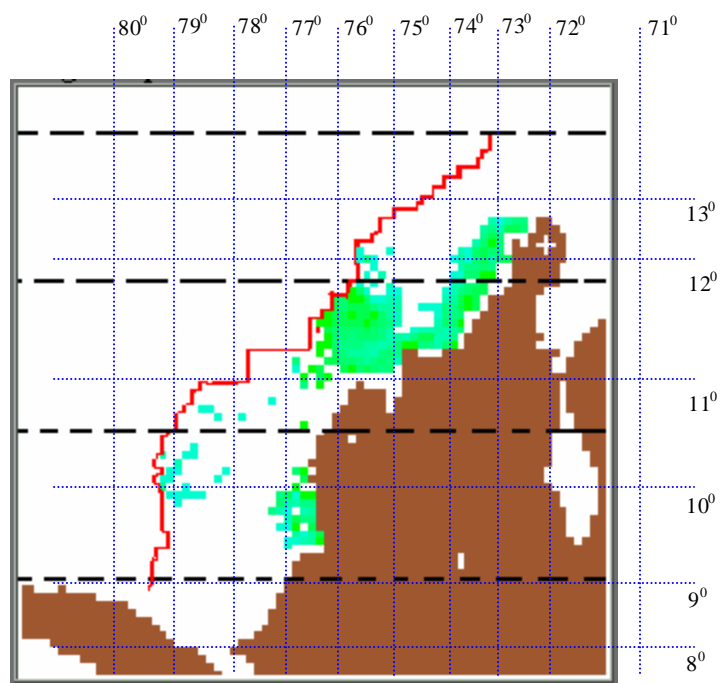


Figura 20. Representación de coordenadas geográficas.

Para la simplificación de la evaluación de la imagen se dividió en tres regiones como se ve en la Figura 20. de tal forma que los datos de concentración que resultaran fuesen lógicos.

De la evaluación de una imagen resultan 3 valores de concentración (representan las distancias en Y donde se estudia la imagen), uno de cada zona, estos valores se comparan entre si y donde exista el mayor numero de píxeles se encuentra la mayor concentración, siendo este el valor que se guarda en la matriz para posteriormente realizar el calculo de la concentración media del mes.

Para el caso de estudio de Y, lo que realiza el SDF es un barrido de la imagen de izquierda a derecha y de arriba hacia abajo determinando, para este caso el color café que caracteriza la porción de tierra colombiana, cuando detecta este color comienza un ciclo en retroceso de 40 píxeles, determinando los colores en cada píxel, la porción del mapa estudiado se muestra en la figura 20.

La representación de los de los píxeles en grados la realice mediante reglas de tres, realizadas entre una imagen de las de la base de datos impresa evaluándola en cm. y la equivalencia de esta en píxeles. De las reglas de tres resultaron medidas de píxeles, con las que arme rangos, evaluando, los tonos de colores en los mismos. Por ejemplo.

La imagen impresa media 12 cm. y de acuerdo a las coordenadas geográficas del atlas, los 78^0 estaban a 2.2 cm del origen en la imagen, entonces los cálculos son:

12 cm _____ 150 pix.

2.2 cm _____ ?

? = $27.5 \cong 28$ pix.

Por tanto el píxel número 28 era igual a 78^0 , de esta se calculo todas las equivalencias en X e Y, y se implemento una estructura case en cada una de la funciones a la que llega un valor entero lo evalúa en cada grado, y devuelve un entero equivalente en grados.

Cabe anotar que todos los valores grabados en la tabla de concentraciones de la base de datos, se hallan en medidas de píxel, lo que hace el SDF es convertirlos antes de su visualización en pantalla.

6. DESCRIPCIÓN DEL SOFTWARE

6.1 ASPECTOS GENERALES DEL SDF

- ✓ la aplicación provee una interfaz amigable, donde de una forma fácil se manejan y manipulan los cálculos de las concentraciones y predicciones.
- ✓ Al iniciar la ejecución del SDF se puede acceder a cada uno de los diferentes módulos dispuestos en el menú.
- ✓ Cada modulo tiene la posibilidad de regresar al entorno principal del SDF, y este regreso se da solo si se cierra la ventana activa, en el instante.
- ✓ Los diferentes temas de ayuda proveen al usuario información sobre las diferentes actividades que se pueden realizar en la herramienta, y se orienta a la solución de problemas.

6.2 ARQUITECTURA SDF

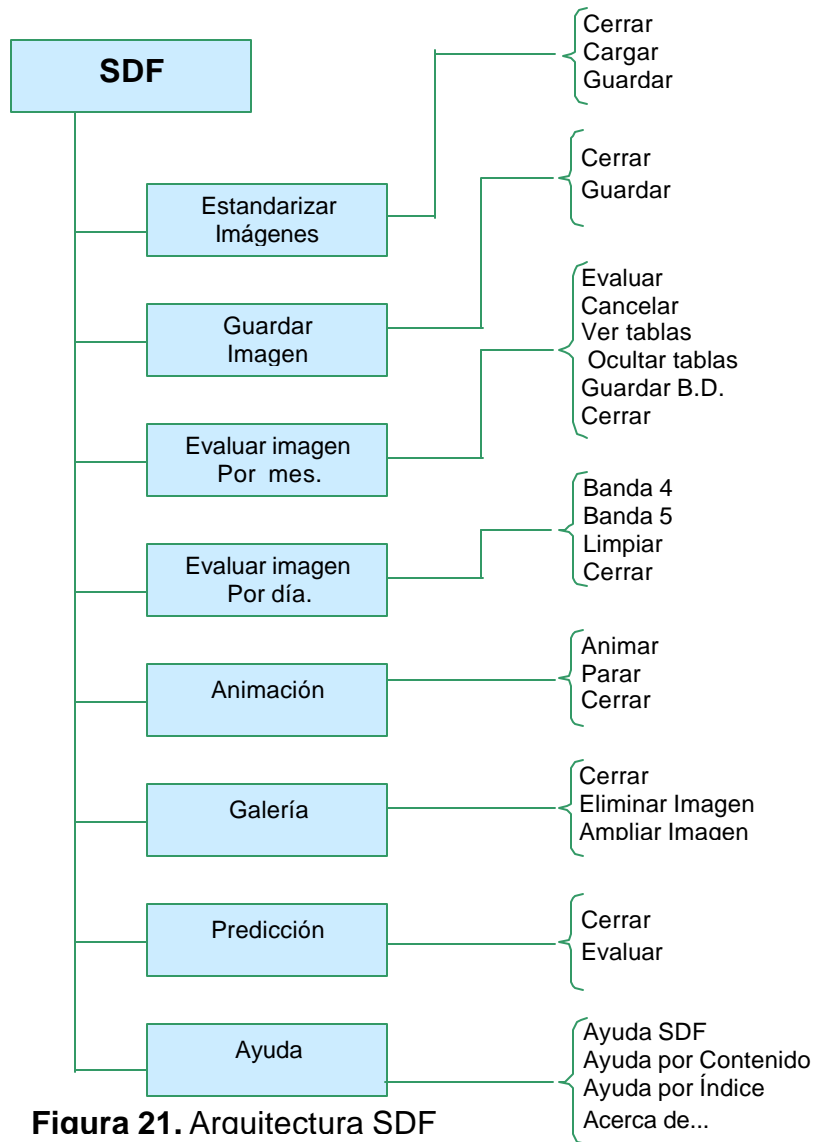


Figura 21. Arquitectura SDF

6.3 ASPECTOS PARTICULARES SDF

Después de que se ha estandarizado y guardado un conjunto de imágenes en la base de datos, es que se puede iniciar o ejecutar una operación de evaluación por mes o por día.

Para realizar la predicción de un mes en particular, se hace necesario que se halla evaluado y guardado un conjunto de concentraciones de meses y años anteriores al que quiere predecir.

Cuando se escoge la opción evaluar concentraciones por mes, se pueden mirar las coordenadas geográficas donde se ubica la mayor concentración o las coordenadas de píxel ubicadas dentro de la imagen.

7. ALCANCES Y LIMITACIONES

En el desarrollo de la investigación se presentaron varias restricciones, que de forma aislada cada una forzaron a que los métodos de consulta, investigación y documentación implicaran mayor esfuerzo. Uno de los mayores obstáculos fue el no tener una afiliación directa con la NASA para la adquisición de la información, esto es, material, imágenes y software para la manipulación de imágenes, todo esto hizo el desarrollo de la investigación un poco lento. Aunque en el proceso evolutivo de la investigación se hicieron contactos con la NASA, centro de investigación Venezuela, investigadores de otros países, que brindaron su apoyo haciendo realidad este material investigativo.

Otra limitación es que en la actualidad no existe una base de datos de mediciones IN SITU, en lo que a clorofila se refiere, esto es, no hay mediciones físicas de campo que sirvan de comparación para los resultados del SDF, claro que esta imposibilidad se supera, con los resultados de las concentraciones que de acuerdo a datos históricos, verificación visual y posicionamiento de acuerdo a la geografía del Caribe, son o coinciden con los reales.

Entre los alcances cabe destacar, que se ha desarrollado una herramienta computacional que tomando imágenes procesadas agiliza la caracterización de la región caribe colombiana respecto a los microorganismos Fitoplancton. Además se articula el área de sistemas de la institución con la investigación oceanográfica.

8. RECOMENDACIONES

- Es importante que las personas que utilicen el SDF tengan un conocimiento general de las teorías generales de detección de organismos por parte del sensor Sea WIFS.
- Para el mejor funcionamiento del SDF es necesario que las imágenes sean dimensionadas de forma idéntica.
- Para el normal funcionamiento de la herramienta se deben cumplir con los requerimientos de hardware propuestos.
- Se puede aumentar la precisión de las predicciones procesando las imágenes con el paquete Seadas del SeaWIFS

CONCLUSIONES

- Al desarrollar de forma visual en el lenguaje Delphi cada uno de los módulos y ventanas se pusieron en práctica, muchos conocimientos teóricos adquiridos, como son estructuras de datos, análisis y diseño de sistemas de información, ingeniería del software y bases de datos.
- Las estructuras visuales creadas en el proyecto fueron elaboradas de forma clara y sencilla del tal forma que un usuario, con los mínimos conocimientos de sistemas y oceanografía, sea capaz de utilizar el software.
- Con la herramienta se está creando una base de datos de imágenes, del Caribe colombiano, aspecto que sirve al software un mejor respaldo de los datos (imágenes) haciendo posible el ágil muestreo de la información (determinación de concentraciones).

- Al hacer el análisis con el software en el periodo comprendido entre 1998 y 2001, para los meses de enero, este muestra una magnitud de concentración estable de fitoplancton en el rango de 0.9 mg/m^3 y los 1.3 mg/m^3 , en las plumas del río Magdalena.

El anterior resultado es físicamente aceptable, ya que los ríos introducen al mar gran cantidad de partículas en suspensión, tanto inorgánicas como orgánicas, y a la vez nutrientes disueltos que activan el crecimiento del Fitoplancton.

- La variación de clorofila para el periodo estudiado muestra gran cantidad de concentración en la zona comprendida entre los (10^0 - 12^0) de longitud sur y los (72^0 - 76^0) de latitud norte. Estos resultados son mostrados por el software, pero visualmente en las imágenes, se pueden hallar otras zonas con significativas muestras de confluencia de clorofila.

BIBLIOGRAFÍA

GONZÁLEZ Rafael. Tratamiento digital de imágenes. Unica Edicion: Massachussets E.u.a. Addison-Wesley Iberoamericana S.A. 1992. p. (175 - 270).

GROBMAN Steve. Aprendiendo Borland Delphi 2 en 21 Días. 4ª Edición: México: Borland Press.1996. 680 p.

MARTINEZ B Ciro. Estadística básica aplicada 4ª Edicion: España. Ecoe ediciones. 2000. p (603 - 611).

PRESSMAN Roger. Ingeniería del Software un Enfoque Practico. Cuarta Edición: Madrid. McGraw Hill. 1998. p. (201 - 227).

WALPOLE Ronaldt .Probabilidad y estadística para ingeniería. 3ª Edicion: Argentina. Interamericana. 1987. p. (100 - 115)

WESLEY Addison. Aprendiendo Borland Delphi 4 en 21 Días. 2ª Edición: México: Prentice Hall. 1999. 919 p.

WORKS Math. **Image** Processing Toolbox User's Guide. Version 2: Estados Unidos: The Math Works Inc. 1997. p. (1-3 - 1-20).

Paginas Web:

<http://www.conae.gov.ar/plan/planespacialc.html>

http://www.puc.cl/sw_educ/geo_mar/html/glosario.html#cap1

<http://oceanografia.cicese.mx/oceansat/copp.html>

<http://www.crepad.rcanaria.es/thematic/2bc.html>

http://www.geocities.com/ocean_buoys/7e.html

<http://www.crepad.rcanaria.es/thematic/2bb.html>

<http://www.imarpe.gob.pe/argen/adc/web/seawifs.html>

<http://www.teledet.com.uy/seawifs.htm>

<http://igiris.igeograf.unam.mx/web/resseawif.html>

<http://www.ran.es/personal/felix/colorimetria.htm>

<http://cueyatl.uam.mx/uam/divisiones/cbs/reporte.html>

<http://earth.esa.int/ipgseawifs>

<http://research.cem.itesm.mx/lucatero/cursos/vision/vision4/node4.html>

<http://cediac.uncu.edu.ar/Grupo%20ISAT.htm>

<http://www.miexamen.com/EI%20medio%20acuatico.htm>

<http://www.forest.ula.ve/~jlopez/laboratorio/>

<http://www.segemar.gov.ar/sensores/sensoresremotos.htm>

<http://www.spotimage.fr/spot-us.htm>

http://almaak.tripod.com/Temas/la_luz_visible_y_el_espectro_ele.htm

<http://www.utadeo.edu.co/museomar/musmar.html>

http://omega.ilce.edu.mx:3000/sites/ciencia/volumen1/ciencia2/17/htmSEC_7.HTM

<http://www.sentir.org/zonas/oceano.htm>

<http://www.ucm.es/info/multidoc/multidoc/revista/cuadern3/fototeca.htm>

http://members.nbci.com/davisweb/cursosat/large/2_metfun.html

<http://www.pmpr.udec.cl/pmpr.html>

http://www.geocities.com/cetaceos_sec/ecosistemas-sist_pelagico-fitoplancton.htm

<http://oceanografia.cicese.mx/oceansat/copp.html>

<http://www-istp.gsfc.nasa.gov/stargaze/Mlatlong.htm>

http://www.puc.cl/sw_educ/geo_mar/html/glosario.html#cap1

http://almaak.tripod.com/Temas/la_luz_visible_y_el_espectro_ele.htm

http://daac.gsfc.nasa.gov/CAMPAIGN_DOCS/OCDST/seawifs_readme.html

<http://www.stvincent.ac.uk/Resources/Astro/NASA/SeaWiFS/>

<http://seawifs.gsfc.nasa.gov/SEAWIFS.html>

<http://seawifs.gsfc.nasa.gov/SEAWIFS/SEASTAR/SPACECRAFT.html>

http://seawifs.gsfc.nasa.gov/cgi/brs/seawifs_browse.pl

<http://seadas.gsfc.nasa.gov/>

<http://seawifs.gsfc.nasa.gov/SEAWIFS/BACKGROUND/>

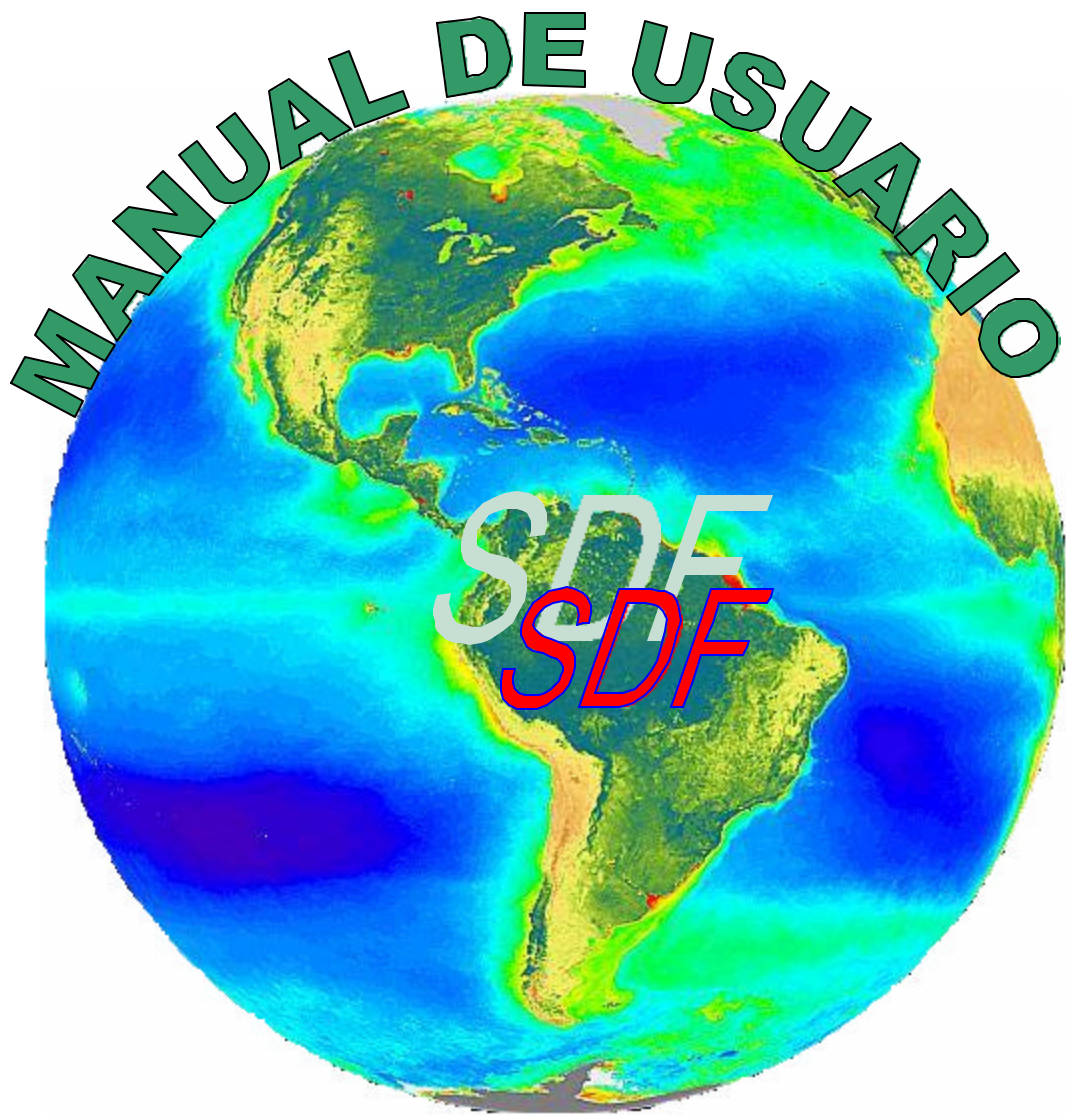
<http://www.imarpe.gob.pe/argen/nina/premota/premota.html>

<http://www.oas.org/usde/publications/Unit/oea57s/ch012.htm>

<http://www.linux.org.ve/que.shtml>

http://members.nbci.com/unet1/malaguera/tema_com5.htm

ANEXO A



CONTENIDO

CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN

2. TECNOLOGÍA

3. REQUERIMIENTOS

4. VENTANAS

4.1 LISTA DE OBJETOS Y BOTONES CON SUS FUNCIONES

4.2 EL MENU ARCHIVO

4.2.1 Estandarizar Imágenes

4.2.2 Guardar Imagen

4.2.3 Evaluar Concentraciones Por Mes

4.2.4 Evaluar Concentraciones Por Día

4.2.5 Animación

4.2.6 Galería De Imágenes

4.2.7 Terminar

4.3 MENÚ DETERMINACIÓN

4.3.1 Preedición

4.4 MENÚ AYUDA

5 INSTALACIÓN

1. INTRODUCCIÓN

Con el presente manual se especifica de forma clara, y fácil la instalación y el manejo de la herramienta para la predicción de fitoplancton.

Se encuentran detalladas cada una de las ventanas que hacen parte de el entorno de trabajo del SDF.

Se muestran todos los botones distribuidos en cada una de las ventanas, con sus respectivas funciones.

2. TECNOLOGÍA

La elaboración o codificación del SDF esta basada en la programación orientada a objetos. Se desarrollo bajo el lenguaje visual Delphi 4, trabajando con bases de datos.

3. REQUERIMIENTOS

Para el normal funcionamiento de la herramienta computacional SDF se hace necesario el cumplimiento de algunas normas mínimas de hardware, por lo cual se anotan a continuación:

Color: Color de alta Densidad (16 bits).

Numero de Píxeles : 800x600.

Controlador de Video: sis620 Para Monitor plug and play.

Memoria: 64 MB en RAM.




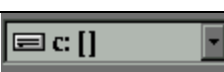
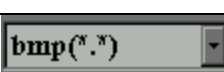
Disco: 10GB.

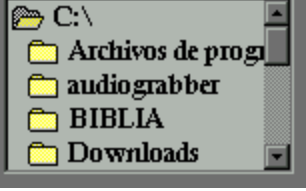

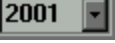





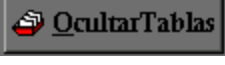
Procesador: 500 Mhz.

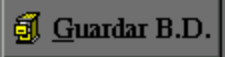




4. VENTANAS

4.1 LISTA DE OBJETOS Y BOTONES CON SUS FUNCIONES

Tabla. Botones y Objetos Ventanas SDF

	Botón propio de la ventana estandarizar , y su función es mostrar la imagen hurgada en disco.
	La función de este botón, que esta en todas las ventanas, es cerrar la ventana.
	Botón sobre escribe la imagen seleccionada sobre la imagen real cargada.
	Elemento propio de la ventana guardar imagen, en el se escoge el directorio en disco donde se encuentran las imágenes a grabar en la base de datos.
	Objeto se escoge la extensión de las imágenes.

	Cuadro para escoger la ruta de apertura de la imagen
	Cuadro se determina el día a guardar en la base de datos.
	Cuadro se determina el año a guardar en la base de datos.
	Lista de chequeo se escoge o determina el mes a guardar en la base de datos.
	Botón que se encarga de guardar la ruta de acceso a la imagen en disco, junto con el conjunto de datos temporales.
	Botón de características propias de la ventana Evaluar mes, que inicia el proceso de evaluación de todas las imágenes del mes y año seleccionados.
	Botón que cancela el proceso de evaluación de las imágenes.
	Botón que muestra las tablas de concentraciones diarias y los promedios del mes.
	Botón que oculta las tablas de concentraciones diarias y los promedios del mes.

	<p>Botón que graba las concentraciones por bandas, año y mes en la tabla de concentraciones de la base de datos.</p>
<input type="checkbox"/> Banda 4	<p>Objeto propio de la ventana de evaluar concentraciones por día.</p>
	<p>Navegador de imágenes en la base de datos.</p>
	<p>Botón propio de la ventana Evaluar concentraciones por día, borra todos los píxeles pintados en la imagen ampliada, para ejecutar una nueva búsqueda en la misma.</p>
	<p>Botón que en la ventana de animación inicia este proceso.</p>
	<p>Botón que en la ventana de animación cancela este proceso.</p>

4.2 EL MENU ARCHIVO.

4.2.1 Estandarizar Imágenes Esta ventana es la primera del menú contextual del SDF (figura 12), ya que es paso de inicio para, la adecuación de la región exacta del grupo de imágenes a las que se le quiere hacer la caracterización, en esta el usuario accede a la imagen que hasta el momento no tiene referenciada en la base de datos, para escoger la zona de interés.

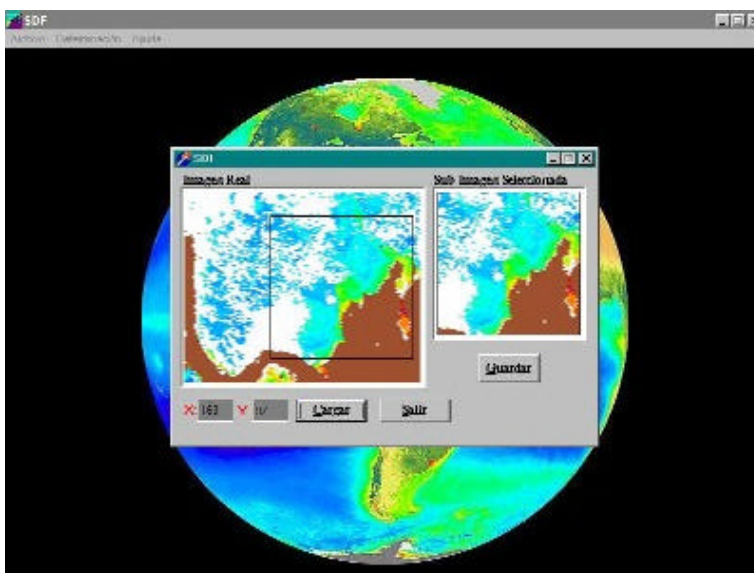


Figura 12. Ventana Estandarizar Imágenes (SDF)

En el recuadro de la izquierda el SDF muestra la imagen de forma general para que el usuario escoja la región adecuada, esta elección la hace el usuario, dando un clic sobre la imagen a la vez posicionando un cursor en forma de + con

respecto a algún punto de referencia que le servirá para escoger la misma subregión en cada una de las imágenes caracterizar.

Posteriormente a este paso el usuario procede a dar clic en el botón de guardar la imagen, siendo esta sobrescrita sobre la imagen inicialmente abierta, con la diferencia que será de tamaño menor. Como es obvio la imagen inicial se perderá, por lo tanto es muy importante que el usuario este completamente seguro de que la región escogida es la adecuada. También se recomienda tener una copia de las imágenes sin subregionizar, con el objetivo de recuperarlas en caso de error.

El SDF maneja una carpeta de imágenes ubicada en: C:\SDF\Imágenes dentro de la cual se encuentran los diferentes años a los que se le ha hecho el procesamiento, indicados por la nomenclatura del año en números C:\SDF\Imágenes\1998. Dentro del año se encuentran ubicadas todos y cada uno de los meses de ese año, de los que se tiene imágenes: C:\SDF\Imágenes\1998\Enero. Y dentro de los meses se tiene las imágenes a estandarizar: C:\SDF\Imágenes\1998\Enero\e2, para este caso la imagen esta nombrada por e2, que representa Enero2, pero el nombre es el que se le da después del procesamiento, o el nombre que se le da a la imagen al ser descargada de las paginas del SeaWiFS de la NASA.

4.2.2 Guardar Imagen El grabado de la imagen en la base de datos se da mediante esta ventana del programa, ver figura 13, el proceso es se da de la siguiente forma, se escoge la unidad donde se encuentran guardadas las imágenes, se prosigue determinando el tipo de archivo de la imagen, se escoge el directorio o ruta de ubicación de las imágenes, para luego mostrarse estas en el cuadro ubicado al lado derecho de directorio. Siguiendo los pasos, se selecciona el día y el año al que corresponde la imagen desplegada en el cuadro de imagen para luego proceder a guardar la imagen en la base de datos.

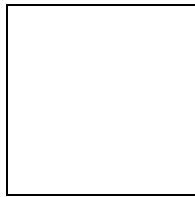


Figura 13. Ventana Guardar Imagen (SDF)

En realidad lo que hace el SDF es direccionar en la base de datos la ubicación de la imagen en disco, esto con el fin de no tener problemas en el trabajo con las imágenes, como es obvio es importante que la carpeta imágenes donde se encuentran los años y meses sea utilizada adecuadamente, ya que una falencia de imagen traería consigo el mal manejo del SDF.

4.2.3 Evaluar Concentraciones Por Mes Esta vista del SDF toma secuencialmente todas las imagen de la base de datos del Años y Mes seleccionado, de acuerdo a los cuadros mostrados en la ventana, según la figura 14.

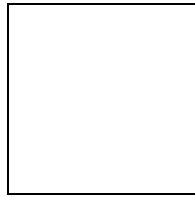


Figura 14. Ventana Evaluar Concentraciones por Mes (SDF)

Se despliega en esta vista dos tablas que muestran las concentraciones en grados de las diferentes imágenes del mes escogido, debajo de cada tabla se muestra la concentración promedio del mes (en grados), esta concentración promedio es la que se guardara en la tabla concentraciones de la base de datos.

Todas y cada una de las concentraciones promedio calculadas en esta ventana por mes, se utilizaran para hacer la predicción de concentración para meses futuros.

Esta ventana tiene un conjunto de botones, como son :

4.2.4 Evaluar Concentraciones Por Día Para corroborar el calculo en la ventana de evaluar concentración por mes, o para estudiar de manera puntual una imagen determinada esta dispuesta esta vista del SDF(figura 15).

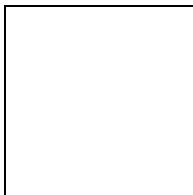


Figura 15. Ventana Evaluar concentraciones por Día (SDF)

Aquí se selecciona la imagen de forma similar a la explicada en la ventana anterior, se muestran los diferentes colores que ubica el software de acuerdo a las banda escogida con el numero de píxeles rastreados.

4.2.5 Animación Esta instancia del SDF (figura 16), accede a la base de datos, trae el conjunto de imágenes y las va mostrando una a una visualizándose los cambios que pueden tomar las diferentes concentraciones diariamente en el mes y año seleccionado.

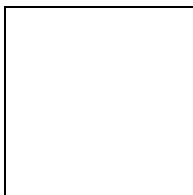


Figura 16. Ventana Animar (SDF)

La selección del mes y año a animar se da de forma similar a las otras ventanas.

4.2.6 Galería De Imágenes La galería de imágenes es la ventada donde el usuario accede para mirar el conjunto de imágenes, hacer zoom de estas y eliminar alguna en caso de equivocación (figuras 17,18 y 19).

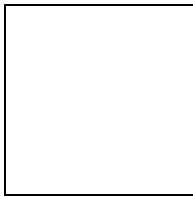
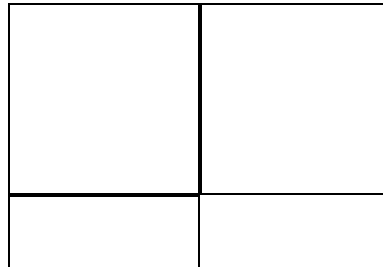
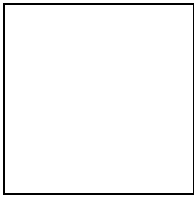


Figura 17. Ventana Galería de Imágenes (SDF)

El usuario accede a la imágenes de base de datos seleccionando el año y el mes al igual que en las ventanas de Guardar Imagen, Concentraciones, etc.

La eliminación de una imagen en esta en esta ventana se da por medio de un clic derecho sobre la imagen, desplegándose un menú emergente como el de la figura 8. luego que el usuario da clic en la opción de eliminar se despliega el cuadro de confirmación de la opción idéntico al de la figura 9.



Como se ve también se puede mediante **Figura 19. Confinar la imagen** sobre la **Figura 18. Eliminación de Imagen** cual se da el clic derecho el usuario puede ampliar la imagen, en escalas de 400%, 600% y 800%, como se ve en al figura 20.

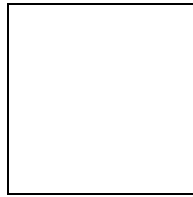


Figura 20. Ampliar Imagen (SDF)

4.2.7 Terminar

En esta opción el SDF cierra su ventana principal.

4.3 MENU DETERMINACIÓN

4.3.1 Predicción, la predicción es el proceso mediante el cual el SDF accede a la información guardada en la base de datos de concentraciones para aplicar un conjunto de formulas basadas en la teoría de ajuste rectilíneo, al dar clic en la opción de predicción se despliega una ventana como la de la figura 21.

El proceso de elección es parecido al de las demás ventanas, solo que en este caso cuando se escoge el año se le esta diciendo al SDF que infiera para el año y mes seleccionado donde estará la concentración.

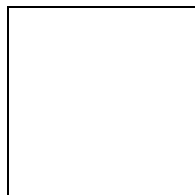


Figura 21. Ventana Predicción de Concentración (SDF)

El SDF esta diseñado para hacer cálculos de predicción mínimo con 3 meses consecutivos, por lo tanto lo primero que el hace al seleccionar año y mes es verificar si esta condición se cumple de lo contrario lanza en mensaje explicando la deficiencia.

4.4 MENU AYUDA

El SDF tiene un sistema de ayuda por ventanas, el usuario tiene acceso a el presionando la tecla F1 o accediendo a el por medio del menú ayuda en al barra de herramientas.

5. INSTALACIÓN

La instalación del paquete se realiza de forma interactiva y fácil, los pasos son los siguientes:

- ❖ Insertar el CD en la unidad lectora.

- ❖ Ir al panel de control y dar clic en la carpeta representativa de la unidad.

- ❖ Ubicar la carpeta rotulada con el nombre de **Instalador**, y dar un clic, para que se muestren los archivos del instalación.

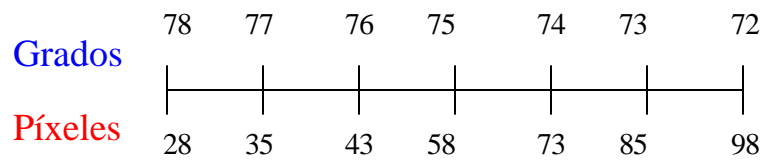
- ❖ Dar un clic en el icono de instalación (**Setup**), desencadenándose un conjunto de ventanas consecutivas, donde se muestra entre otras, la dirección donde se

instalara el programa, los archivos copiados, y un conjunto de características mas, necesarias para la instalación.

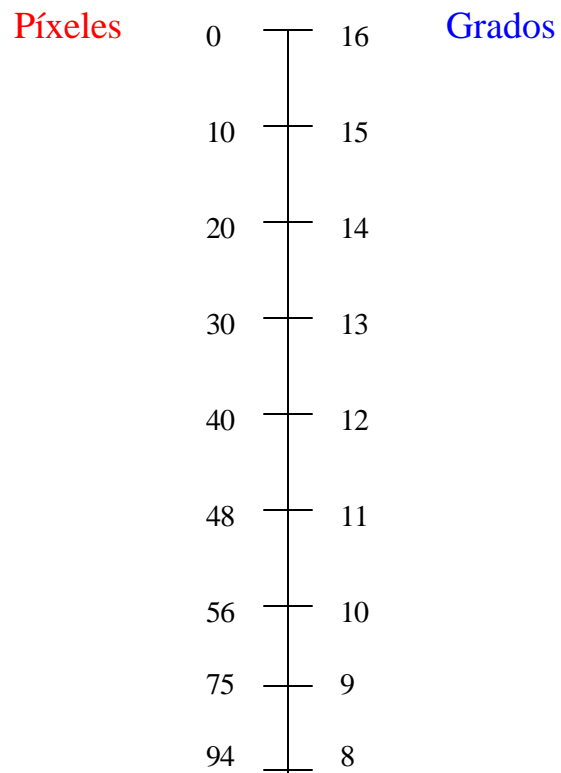
Cuando se inicia el proceso de instalación (al dar clic en **Setup**), no es necesario cambiar los parámetros que trae por defecto el instalador en sus diferentes ventanas, solo hay que dar clic en **next**, hasta terminar la instalación.

ANEXO B. ESQUEMA DE IGUALACIÓN Y ASIGNACIÓN DE GRADOS

Latitud:



Longitud:



Para determinar en que valor en grados cae un valor de píxel se evalúa de la siguiente forma:

Latitudes

$$35 > \text{Valor} \geq 28$$

$$43 > \text{Valor} \geq 35$$

$$58 > \text{Valor} \geq 43$$

$$73 > \text{Valor} \geq 58$$

$$85 > \text{Valor} \geq 73$$

$$98 > \text{Valor} \geq 85$$

Longitudes

$$10 > \text{Valor} \geq 0$$

$$20 > \text{Valor} \geq 10$$

$$30 > \text{Valor} \geq 20$$

$$40 > \text{Valor} \geq 30$$

$$48 > \text{Valor} \geq 40$$

$$56 > \text{Valor} \geq 48$$

$$75 > \text{Valor} \geq 56$$

$$94 > \text{Valor} \geq 75$$

Por ejemplo: Los valores de coordenadas de píxel son 80 y 62, entonces se verifica primero la latitud así:

80 es menor que 35 **no**

80 es menor que 43 **no**

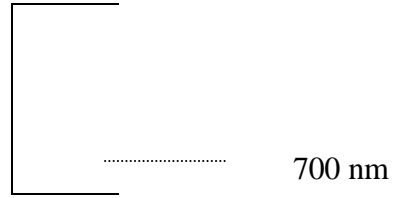
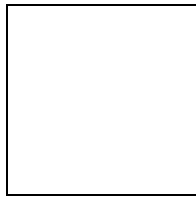
.

.

80 es menor que 85 **si**

Entonces es aquí donde se asigna el grado, llevándolo al extremo del rango que tenga ³ e igualándolo con su idéntico en grado, para este caso es 73, cuyo idéntico es 74⁰. Las longitudes se hallan de igual forma, así el valor de longitud para 62 es 10⁰.

ANEXO C. EQUIVALENCIA ENTRE nm Y mg/m³



..... 600 nm

..... 500 nm

..... 400 nm

ANEXO D. DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL ENTREGADO

Con la culminación de esta investigación se obtuvieron gran cantidad de resultados en cuanto a decisiones, información y contactos, en cuanto a lo que se refiere a investigaciones relacionadas con ecosistemas marinos. Cabe anotar que también son resultados de esta los siguientes aportes físicos brindados a la biblioteca.

- ✓ Un escrito (el presente), donde se documenta toda la investigación, y que además cuenta con una sección anexa que explica la instalación y funcionamiento del software resultante **SDF**.

- ✓ Un CD que contiene el instalador del programa.

- ✓ Dirección electrónica de la investigación:
<http://www.geocities.com/sdfp2001/paginasdf/>