



CRECTEALC MÉXICO

Centro Regional de Enseñanza en Ciencia y Tecnología Espacial
para América Latina y el Caribe
Campus México



ESTIMACIÓN DE UN ÍNDICE DE TURBIDEZ PARA LA ZONA CENTRAL DE CHILE, DURANTE LA PRIMAVERA DE 2001.

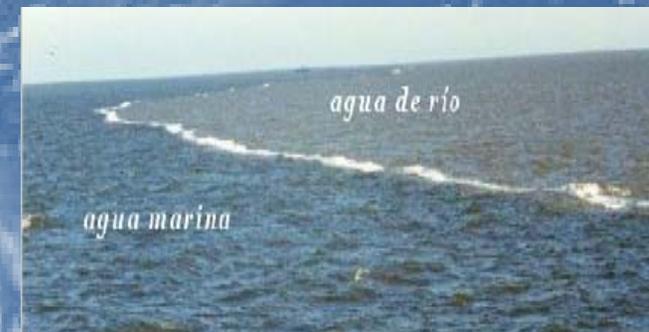
ELIZABETH ANDREA GAHONA ÁBALOS

Tonantzintla, Puebla, México, agosto de 2010.

INTRODUCCIÓN

La turbidez del agua está relacionada con la reducción de su transparencia ocasionada por la presencia de material particulado en suspensión (MPS).

Este material puede consistir de ser arcillas, limos, plancton o material orgánico finamente dividido, que se mantiene en suspensión.



Importancia:

- Ecología del medio marino costero (-luz)
- Erosión de playas
- Monitoreo de calidad del agua, etc.

La concentración de MPS depende de muchos factores:

- * las fluctuaciones en las mareas
- * las descargas de los ríos y sus variaciones estacionales
- * el efecto de los vientos locales
- * y la topografía propia del área analizada.



la magnitud de MPS puede cambiar rápidamente y mostrar una gran variabilidad espacial.

Esta variabilidad hace que la colección de datos in situ con fines de monitoreo y modelización sea extremadamente costosa y logísticamente compleja



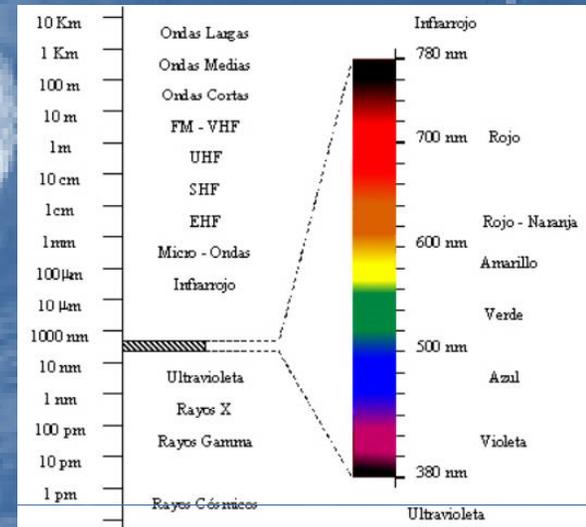
CRECTEALC MÉXICO

Centro Regional de Enseñanza en Ciencia y Tecnología Espacial
para América Latina y el Caribe
Campus México



En los últimos años, las imágenes de satélite se han constituido en una herramienta de alto potencial para proporcionar mapas sinópticos y evaluaciones rápidas del material en suspensión y de las propiedades ópticas relacionadas con la calidad del agua en los ecosistemas costeros.

La estimación de MPS mediante percepción remota se realiza a partir de datos de reflectancia del agua, la cual ocurre en la región óptica (visible e infrarroja cercana) del espectro electromagnético (Bava, 2004).



Se ha establecido una buena relación entre la reflectancia y la cantidad de MPS presente en la superficie de la columna de agua (Tassan & Sturm, 1986; Garver *et al.*, 1994).

↑ MPS ↑ Valores de Reflectancia



CRECTEALC MÉXICO

Centro Regional de Enseñanza en Ciencia y Tecnología Espacial
para América Latina y el Caribe
Campus México



En Chile, los estudios de ambientes marinos costeros basados en imágenes satelitales han ido en aumento.

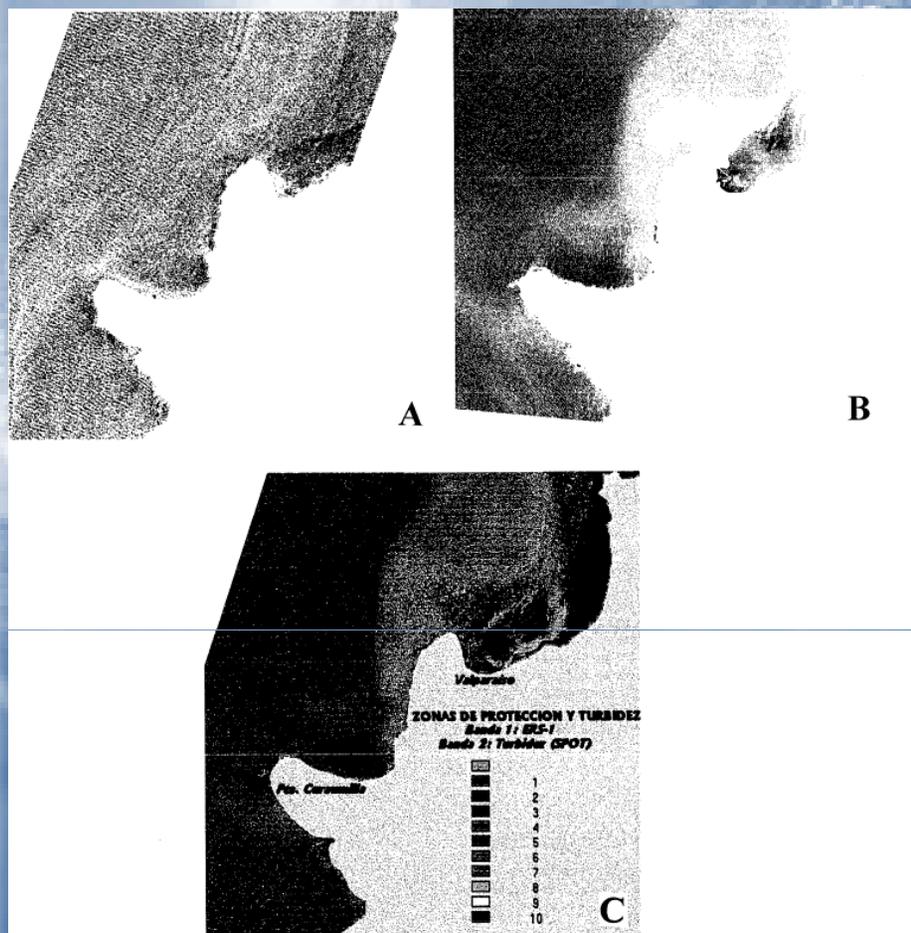
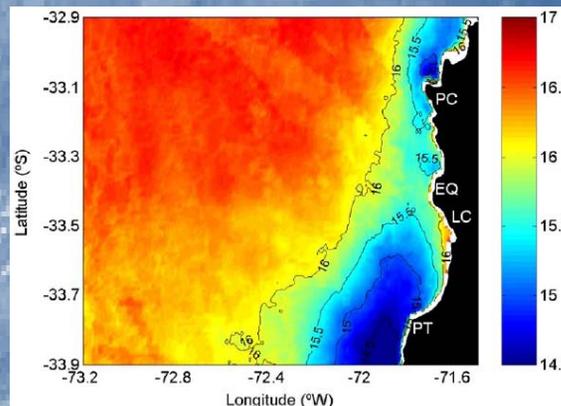


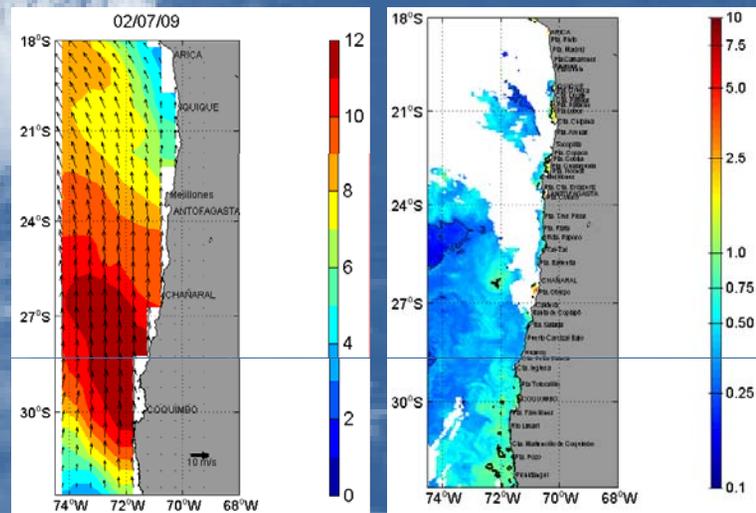
Fig. 1. Imagen clasificada de ERS-1 de la zona en estudio en la región de Valparaíso (A), imagen de turbidez obtenida de SPOT (B), e imagen integrada de ERS-1 y SPOT con la transformación

Barbieri & Silva, 1997.



TSM, sensor AVHRR.

Narváez et al., 2004.



Intensidad del viento (m/s) y
velocidad del viento (m/s)
satelital Quikscat.

Clorofila-a ($\mu\text{g/L}$),
satélite MODIS-Aqua.

Boletín IFOP, agosto 2009.

Elizabeth Andrea Gahona Ábalos



CRECTEALC MÉXICO

Centro Regional de Enseñanza en Ciencia y Tecnología Espacial
para América Latina y el Caribe
Campus México



OBJETIVOS

Objetivo General:

Estimación de un índice de turbidez para la zona central de Chile, durante la primavera de 2001.

Objetivos Específicos:

- Generar y describir la imagen de turbidez superficial en la zona de estudio.
- Caracterizar zonas de interés relacionadas con las máximas distribuciones de turbidez en el área de estudio y calcular sus áreas de influencia.
- Complementar la información obtenida de las imágenes satelitales, con datos de vientos y marea in situ.

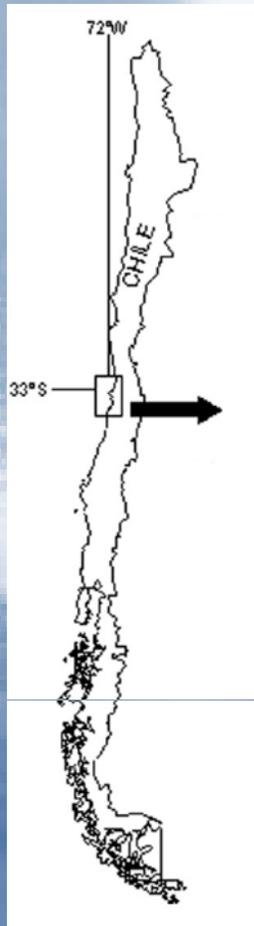


CRECTEALC MÉXICO

Centro Regional de Enseñanza en Ciencia y Tecnología Espacial
para América Latina y el Caribe
Campus México



MATERIALES Y MÉTODOS



- * Área de estudio, zona central de Chile de estudio (32.5° - 33.5° S; 71° - 73° W).
- * La metodología ocupada corresponde al cálculo del índice absoluto de turbidez en porcentaje propuesto por Bava (2004).



CRECTEALC MÉXICO

Centro Regional de Enseñanza en Ciencia y Tecnología Espacial
para América Latina y el Caribe
Campus México



Características de la imagen:

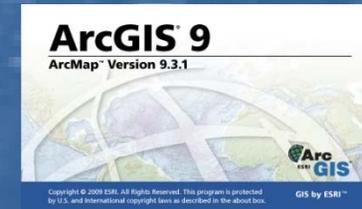
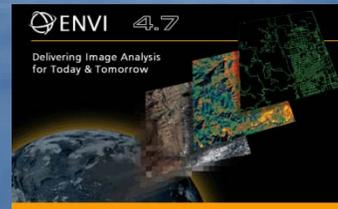
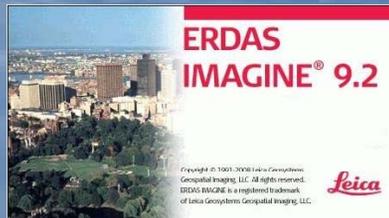
- * Landsat7 (sensor ETM+) correspondiente al 6 de diciembre de 2001.
- * La adquisición fue desde el sitio de la Global Land Cover Facility (GLCF).
- * La presencia de nubes en la imagen fue de 0%.

Intervalos de longitud de onda (μm)

Banda 1	0.45-0.52
Banda 2	0.52-0.60
Banda 3	0.63-0.69
Banda 4	0.76-0.90
Banda5	1.55-1.75
Banda (6.1+6.2)	10.42-12.50
Banda 7	2.08-2.35
Banda 8 (PAN)	0.52-0.90

Rango visible-infrarrojo cercano

Sofwares:



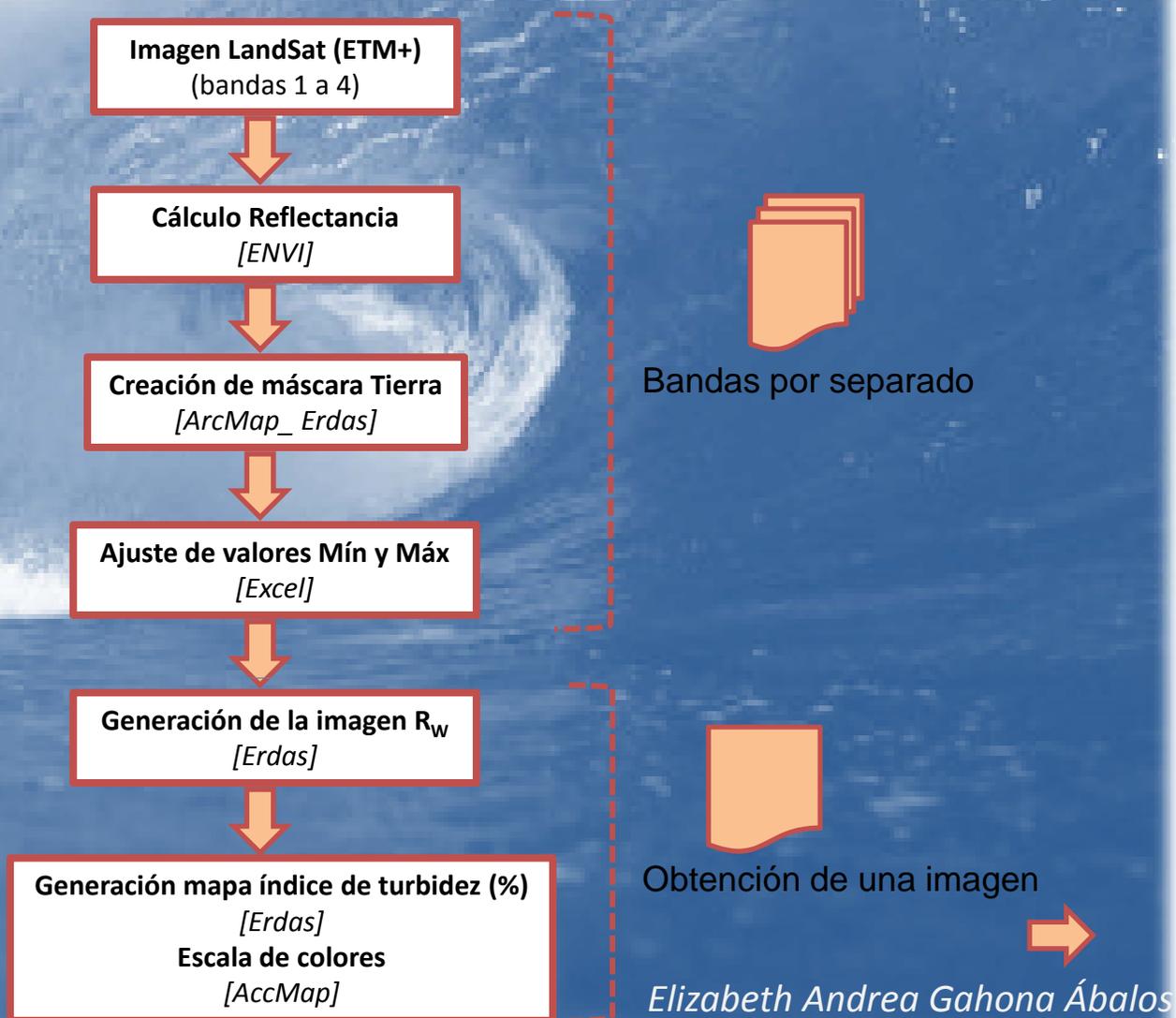


CRECTEALC MÉXICO

Centro Regional de Enseñanza en Ciencia y Tecnología Espacial
para América Latina y el Caribe
Campus México



Flujograma para la obtención del mapa de turbidez (%):





CRECTEALC MÉXICO

Centro Regional de Enseñanza en Ciencia y Tecnología Espacial
para América Latina y el Caribe
Campus México



Imagen LandSat (ETM+)
(bandas 1 a 4)

Global Land Cover Facility
Earth Science Data Interface

Home | Map Search | Product Search | Path/Row Search | Workspace | Login | Help | Contact Us | GLCF

No datasets selected

LandSat Imagery

- ETM+
- TM
- MSS

Other Imagery

- ASTER

Elevation Data

- SRTM, Degree Tiles
- SRTM, WRS2 Tiles
- SRTM, GTOPO30
- SRTM, GTOPO30 Mosaic

MODIS Products

- 32-Day Composites
- 16-Day Vegetation Index
- VCF_Regional
- VCF_LMD Tiles

AVHRR Products

- Global Land Cover, Regional
- Global Land Cover, Global
- Continuous Fields Tree Cover, Regional
- Continuous Fields Tree Cover, Global

Other Products

- ETM+ Mosaics
- TM Mosaics

Date/Type | Path/Row | Lot/Long | Place | Draw | Map Layers

No images in selection

Enter date as mm/dd/yyyy or yyyy-mm-dd

Start Date: | End Date: | New Since: | Months | ago

Require	Exclude
GeoCover Level 1G	GeoCover Level 1G
Orthorectified	Orthorectified
Terrain Corrected	Terrain Corrected
Not-Validated	Not-Validated
BSQ	BSQ
SLC-off	SLC-off

06122001

Archivo | Edición | Ver | Favoritos | Herramientas | Ayuda

Atrás | Búsqueda | Carpetas | Sincronización de carpetas

Dirección: D:\EII\IMAGENES\imagenes_landsat\06122001

Nombre	Tamaño	Tipo
p001r083_7dk20011206_z18_61.tif	3,435 KB	Archivo WinRAR
p001r083_7dk20011206_z18_62.tif	4,304 KB	Archivo WinRAR
p001r083_7dp20011206_z18_80.tif	97,120 KB	Archivo WinRAR
p001r083_7dt20011206_z18_10.tif	22,525 KB	Archivo WinRAR
p001r083_7dt20011206_z18_20.tif	22,454 KB	Archivo WinRAR
p001r083_7dt20011206_z18_30.tif	24,935 KB	Archivo WinRAR
p001r083_7dt20011206_z18_40.tif	19,617 KB	Archivo WinRAR
p001r083_7dt20011206_z18_50.tif	23,884 KB	Archivo WinRAR
p001r083_7dt20011206_z18_70.tif	23,204 KB	Archivo WinRAR
p001r083_7x20011206.browse	217 KB	Imagen JPEG
p001r083_7x20011206.met	6 KB	Archivo MET
p001r083_7x20011206.742.browse	190 KB	Imagen JPEG
p001r083_7x20011206.742.preview	6 KB	Imagen JPEG

13 objetos | 236 MB | Mi PC

Elizabeth Andrea Gahona Ábalos



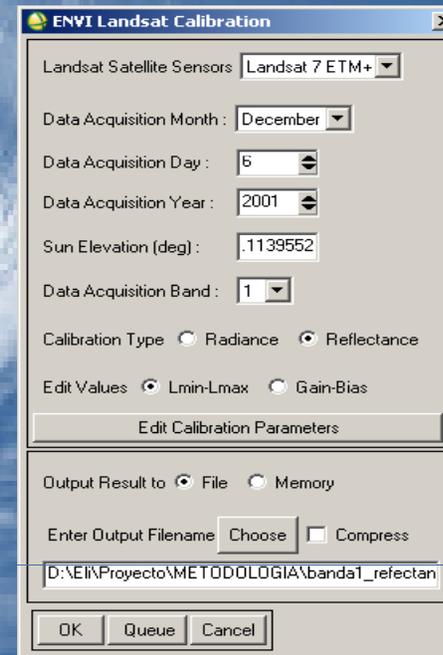
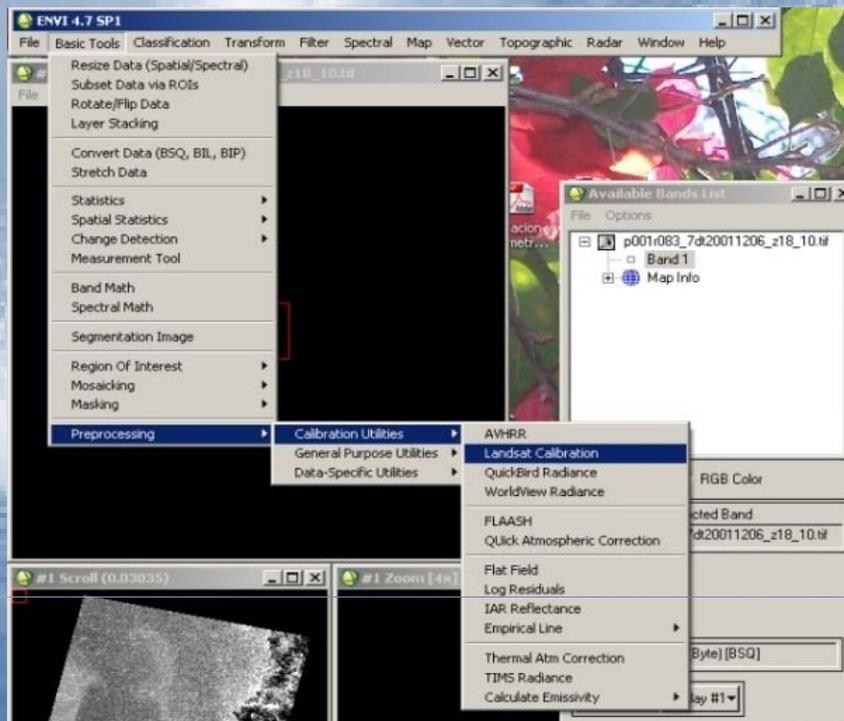
CRECTEALC MÉXICO

Centro Regional de Enseñanza en Ciencia y Tecnología Espacial
para América Latina y el Caribe
Campus México



Cálculo Reflectancia
[ENVI]

ND a Reflectancia



Elizabeth Andrea Gahona Ábalos



CRECTEALC MÉXICO

Centro Regional de Enseñanza en Ciencia y Tecnología Espacial
para América Latina y el Caribe
Campus México



Creación de máscara Tierra
[ArcMap_Erdas]

The screenshot displays the ERDAS IMAGINE 9.2 software interface. The main window is titled 'Untitled - GLT Viewer' and shows two side-by-side views. The left view, labeled 'Viewer #1: dig.shp', displays a cyan-colored land mask over a white background. The right view, labeled 'Viewer #2: banda1_wgr84_marc.img (Layer_1)', displays a grayscale satellite image of the same area. The software interface includes a menu bar (File, Utility, View, AOI, Interpreter, Raster, Help), a toolbar with various tools, and a status bar at the bottom indicating 'Diapositiva 9 de 14', 'Tema de Office', and 'Español (alfab. internacional)'. The background of the slide is a satellite image of Earth from space.

Elizabeth Andrea Gahona Ábalos



CRECTEALC MÉXICO

Centro Regional de Enseñanza en Ciencia y Tecnología Espacial
para América Latina y el Caribe
Campus México



Ajuste de valores Mín y Máx
[Excel]

Ajuste valor mínimo:

The screenshot shows an Excel spreadsheet with the following data:

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
49	0.06235	3	21	0.00	0.06235	0.02321542				
50				0.00	0.0636766	0.02454202				
51				0.00	0.06500319	0.02586861				
52				0.00	0.06632979	0.02719521				
53	0.06765638	14	55	0.00	0.06765638	0.0285218				
54	0.06898298	11	66	0.00	0.06898298	0.0298484				
55	0.07030958	16	82	0.00	0.07030958	0.031175				
56	0.07163617	30	112	0.00	0.07163617	0.03250159				
57	0.07296277	38	150	0.00	0.07296277	0.03382819				
58	0.07428936	50	200	0.00	0.07428936	0.03515478				
59	0.07561596	74	274	0.00	0.07561596	0.03648138				
60	0.07694256	120	394	0.00	0.07694256	0.03780798				
61	0.07826915	275	669	0.00	0.07826915	0.03913457				
62	0.07959575	708	1377	0.01	0.03913458	0.04046117				
63	0.08092234	2152	3529	0.02		0.04178776				
64	0.08224894	71		0.06		0.04311436				
65	0.08357553			0.20						
66	0.08490213			0.58						
67	0.08622873			1.57						
68	0.08755532	357307	621086	3.69		0.04442074				
69	0.08888192	649332	1270418	7.54		0.04974734				
70	0.09020851	1008758	2279176	13.53		0.05107393				
71	0.09153511	0	2279176	13.53		0.05240053				
72	0.0928617	1356948	3636124	21.59		0.05372712				
73	0.0941883	1613067	5249191	31.17		0.05505372				

Annotations in the image:

- Red boxes around columns A, B, and C labeled "valor", "frec.", and "f.acum" respectively.
- Blue ovals around columns D and E labeled "% f.acum" and "promedio" respectively.
- A purple box around column F labeled "Valor-prom." with an arrow pointing to the cell F53.



CRECTEALC MÉXICO

Centro Regional de Enseñanza en Ciencia y Tecnología Espacial
para América Latina y el Caribe
Campus México



Ajuste de valores Mín y Máx
[Excel]

Ajuste valor máximo:

The screenshot shows the ArcGIS interface with a histogram window open. A blue arrow points to the 'LUT VALUE' column, where the value 0.252 is circled in blue. Below the histogram, a map shows several islands. A red bracket highlights a table of island areas, with a red box containing the text '% area islas 0.0025 DESPRECIABLE!!!'. The table has the following data:

FID	Shape	Id	F_AREA
0	Polygon	0	0.000006
1	Polygon	0	0.000002
2	Polygon	0	0.000021
3	Polygon	0	0.000007
4	Polygon	0	0
5	Polygon	0	0.000002
6	Polygon	0	0
7	Polygon	0	0
8	Polygon	0	0
9	Polygon	0	0
10	Polygon	0	0
11	Polygon	0	0.000001
12	Polygon	0	0.000002
13	Polygon	0	0.000004
14	Polygon	0	0.000002
15	Polygon	0	0
16	Polygon	0	0
17	Polygon	0	0.000001
18	Polygon	0	0.000001
19	Polygon	0	0.000006
20	Polygon	0	0.000003
21	Polygon	0	0.000005
22	Polygon	0	0.000006
23	Polygon	0	0.000005
24	Polygon	0	0.000009
25	Polygon	0	0.000003

Below this table, another table shows the area for two polygons:

FID	Shape	Id	area
0	Polygon	0	1.906739
1	Polygon	0	2.680696



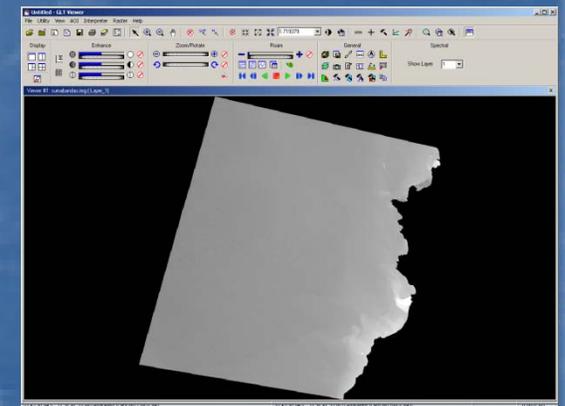
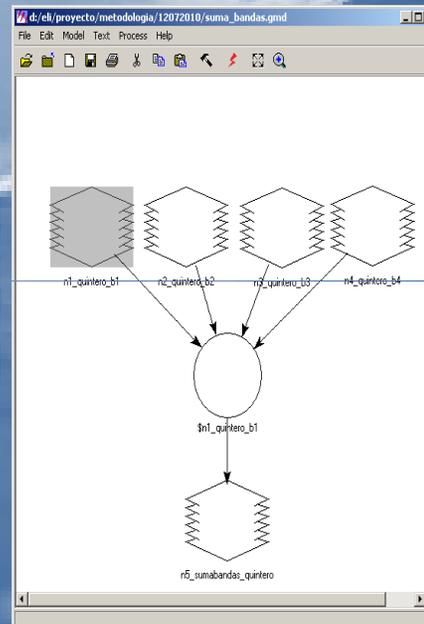
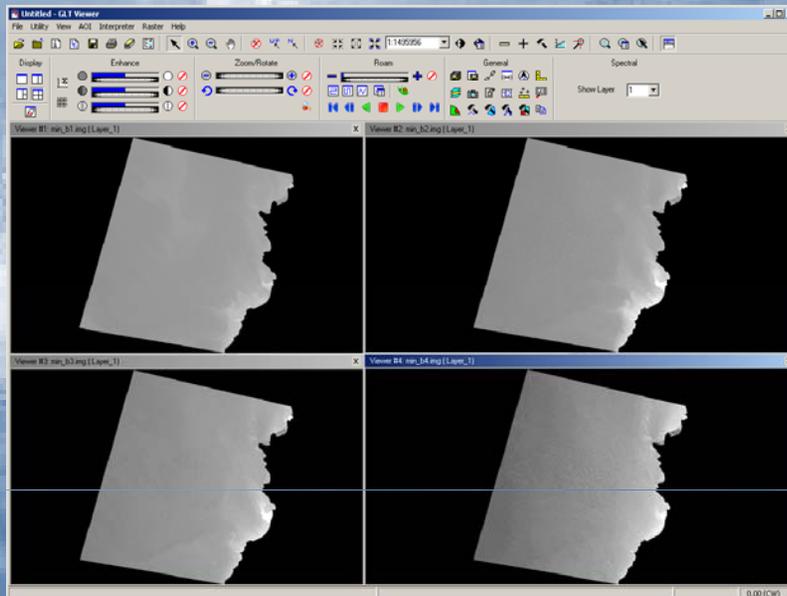
CRECTEALC MÉXICO

Centro Regional de Enseñanza en Ciencia y Tecnología Espacial
para América Latina y el Caribe
Campus México



Generación de la imagen R_w
[Erdas]

$$R_w = R_{(banda1)} + R_{(banda2)} + R_{(banda3)} + R_{(banda4)}$$



Elizabeth Andrea Gahona Ábalos



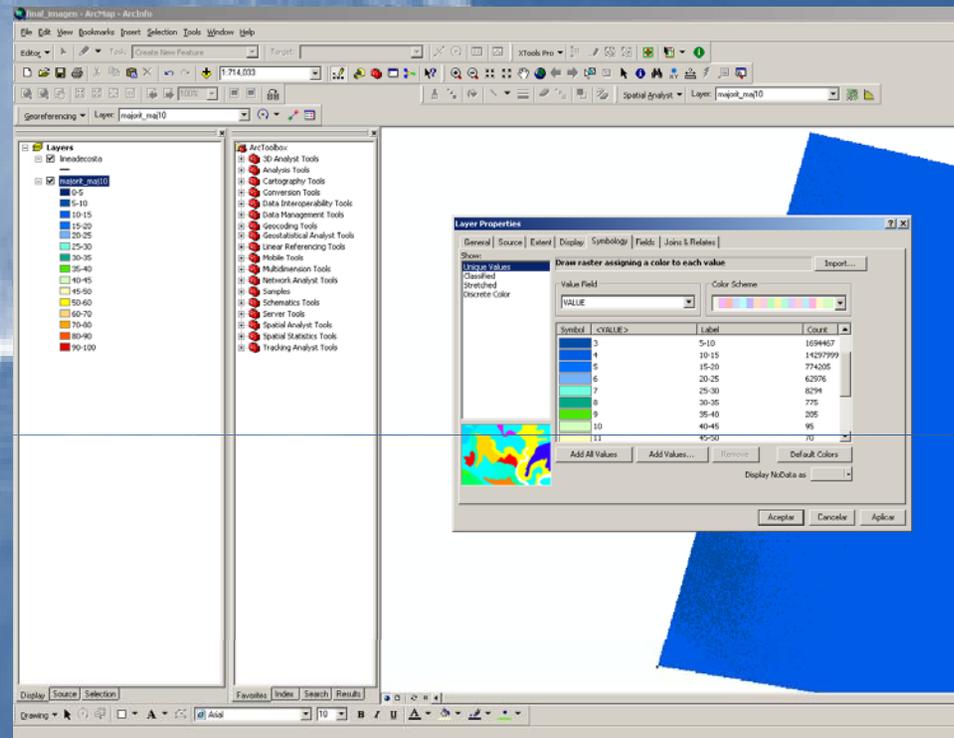
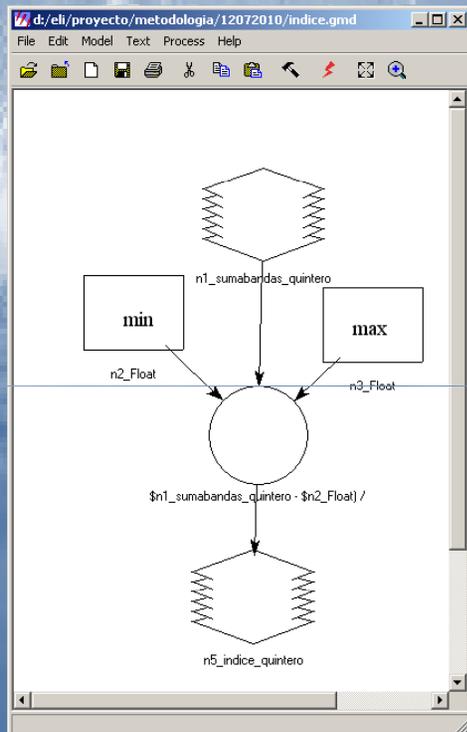
CRECTEALC MÉXICO

Centro Regional de Enseñanza en Ciencia y Tecnología Espacial
para América Latina y el Caribe
Campus México



Generación mapa índice de turbidez (%)
[Erdas]
Escala de colores
[AccMap]

$$\text{Índice de turbidez (\%)} = 100 * \frac{(R_w \text{ pixel} - \text{Min global})}{\text{Max global} - \text{Min global}}$$



Elizabeth Andrea Gahona Ábalos



CRECTEALC MÉXICO

Centro Regional de Enseñanza en Ciencia y Tecnología Espacial
para América Latina y el Caribe
Campus México



* Con análisis visual se reconocieron las zonas de interés con valores considerables de turbidez.

* Los **cálculos del área de influencia** de la pluma del río, se realizó en ArcMap, digitalizando un polígono que coincidiera con los mayores % de turbidez.



* **Los datos de vientos**, utilizados son del día 6 de diciembre de 2001 y fueron proporcionados por el Servicio Meteorológico de la Armada de Chile.

* **Los datos de marea**, se obtuvieron de la Tabla de Mareas para la costa de Chile (SHOA, 2001).

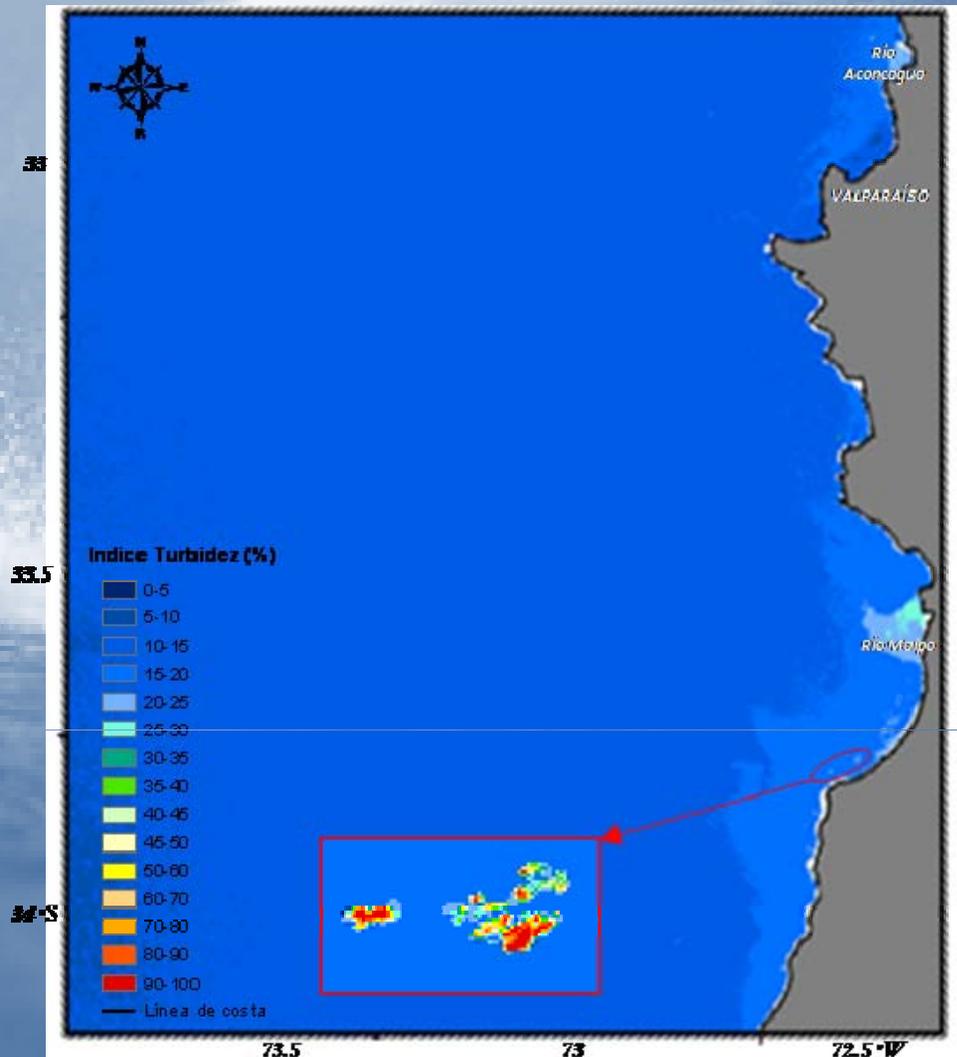


CRECTEALC MÉXICO

Centro Regional de Enseñanza en Ciencia y Tecnología Espacial
para América Latina y el Caribe
Campus México



RESULTADOS Y DISCUSIONES



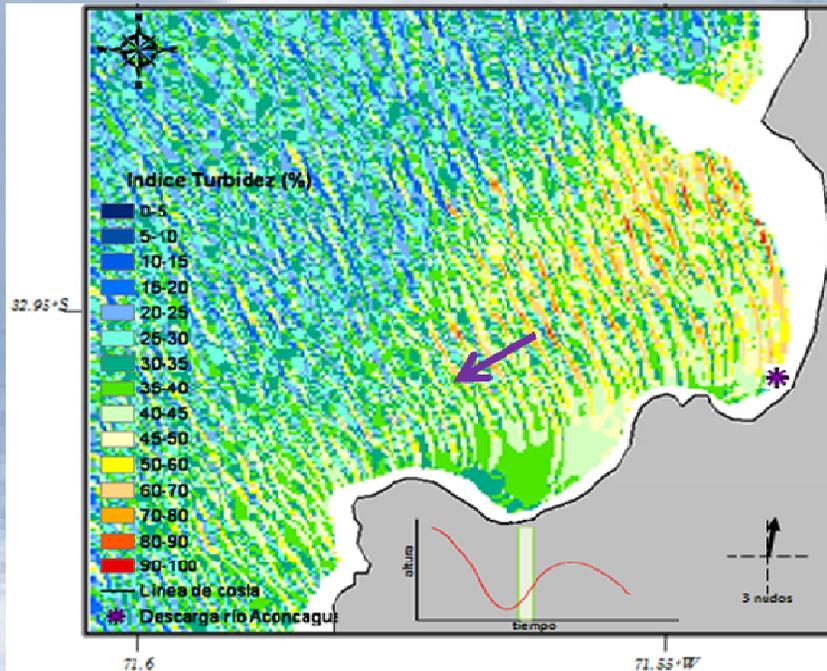
Mapa de % de turbidez,
correspondiente a la zona central de
Chile (6 de diciembre de 2001).

Elizabeth Andrea Gahona Ábalos

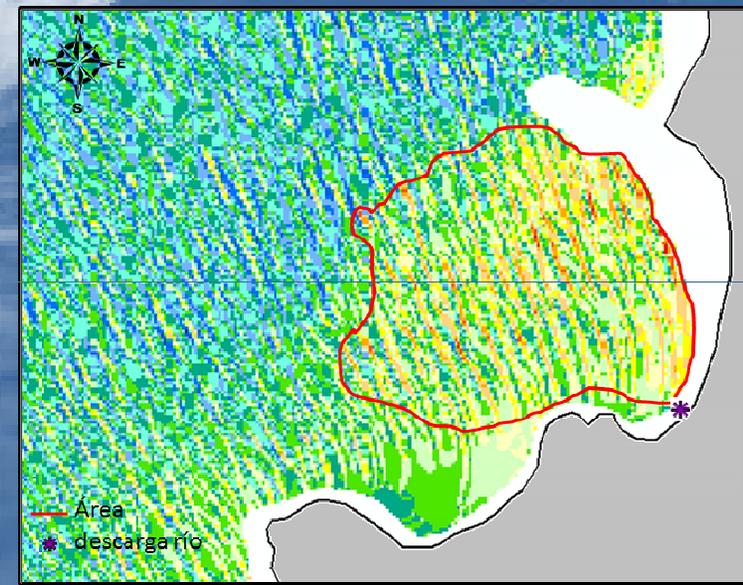


CRECTEALC MÉXICO

Centro Regional de Enseñanza en Ciencia y Tecnología Espacial
para América Latina y el Caribe
Campus México



Mapa de turbidez (%) para de desembocadura del río Aconcagua. Los gráficos insertados corresponden a la marea y vientos del 6 de diciembre de 2001.

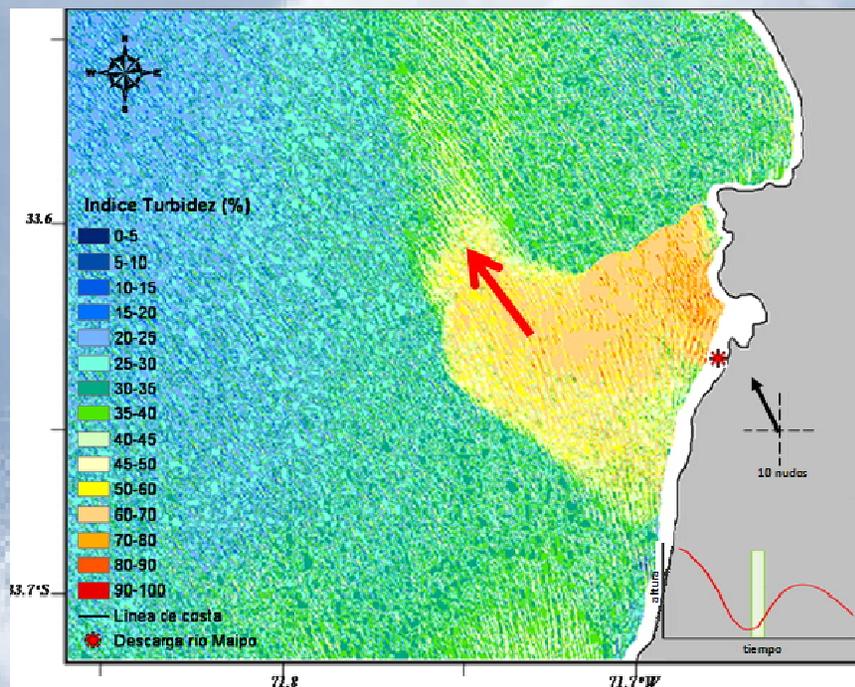


Representación gráfica del área de influencia de la pluma del río Aconcagua. (7.74 km²)

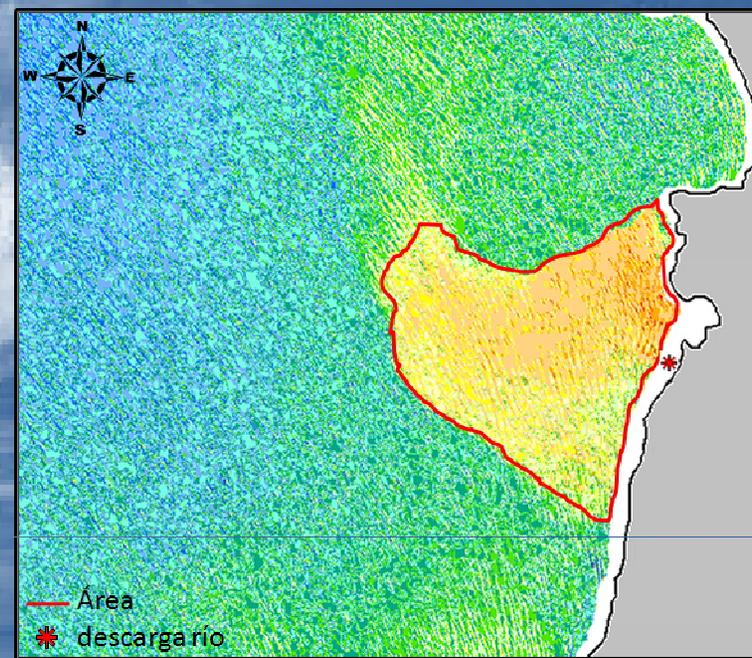


CRECTEALC MÉXICO

Centro Regional de Enseñanza en Ciencia y Tecnología Espacial
para América Latina y el Caribe
Campus México



Mapa de turbidez (%) para de desembocadura del río Maipo. Los gráficos insertados corresponden a la marea y vientos del 6 de diciembre de 2001.



Representación gráfica del área de influencia de la pluma del río Maipo.(43.11 km²)

La diferencia en las estimaciones de las áreas de influencia de las plumas de los ríos (**proporción de 6:1; Maipo:Aconcagua**), aparte de las explicaciones topográficas e influencia de vientos y mareas, se puede deber a diferencias en **los caudales de los ríos**.

caudal medio del río Maipo casi **triplica** al del río Aconcagua (MOP,2004)

Elizabeth Andrea Gahona Ábalos



CRECTEALC MÉXICO

Centro Regional de Enseñanza en Ciencia y Tecnología Espacial
para América Latina y el Caribe
Campus México



CONCLUSIONES

Este estudio ha mostrado la utilidad de las imágenes LandSat7 (ETM+), para la estimación de un índice de turbidez (%).

Se destacaron dos áreas de interés asociadas a los mayores porcentajes de turbidez: las desembocaduras de los ríos Aconcagua y Maipo.

Los mayores valores de turbidez (%) fueron registrados en la desembocadura del río Maipo, esto debido al aporte de MPS recibido en su recorrido hasta su descarga al mar y al supuesto aporte de sólidos superficiales desde el puerto de San Antonio.

El área de influencia de la pluma del río Aconcagua fue menor, estando influenciada por la marea llenante, las débiles condiciones de viento y la topografía del sector. En cambio, el área registrada para el río Maipo, fue asociada a factores topográficos y a los vientos locales.

Elizabeth Andrea Gahona Ábalos



CRECTEALC MÉXICO

Centro Regional de Enseñanza en Ciencia y Tecnología Espacial
para América Latina y el Caribe
Campus México



TRABAJO FUTURO

Para un trabajo futuro, se espera aplicar la metodología empleada en este estudio a una zona de importancia productiva, como descarga de un río, zonas de surgencia, etc, pero incorporando variabilidad espacial y temporal. También se espera adicionar otras variables oceanográficas, disponibles en imágenes satelitales, tales como temperatura superficial del mar, clorofila, vientos.

Elizabeth Andrea Gahona Ábalos



CRECTEALC MÉXICO

Centro Regional de Enseñanza en Ciencia y Tecnología Espacial
para América Latina y el Caribe
Campus México



AGRADECIMIENTOS

A PhD. **José Bava**, por su incondicional ayuda en el procesamiento de la imagen.

A PhD(c). **Julio Salcedo Castro** y MC. **Susan Davies Musil**, por la permanente disposición y colaboración en la confección y revisión final del manuscrito.

A PhD. **Raúl Cruz**, Ph(c). **Jaime Letelier Pino** y **Sandra Gahona Ábalos**, por el apoyo y colaboración en la confección del documento.

Elizabeth Andrea Gahona Ábalos