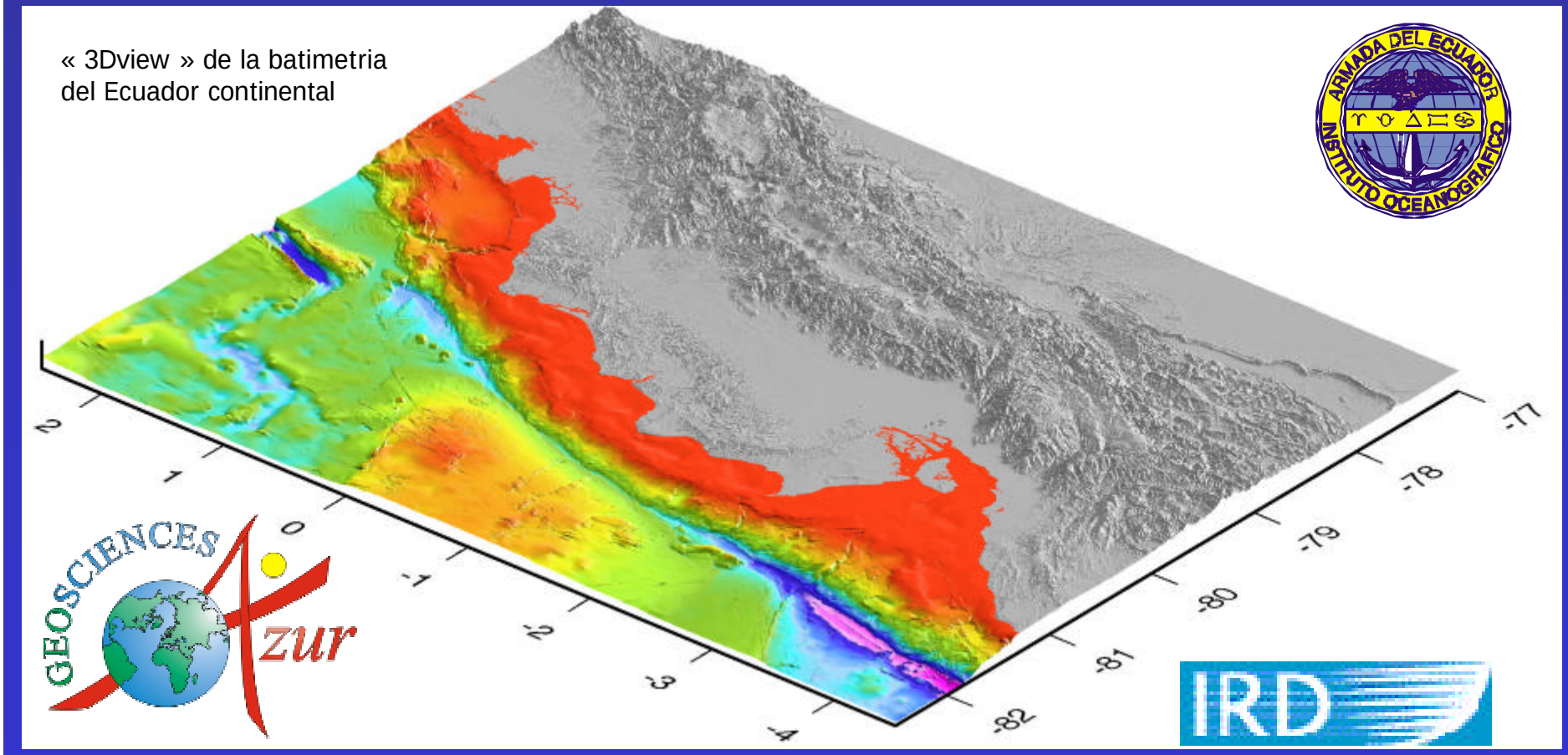
Carta Batimétrica Internacional del Pacífico Sur Oriental (IBCSEP)

Guayaquil 29 de Marzo 2007

ELABORACIÓN DE MAPAS BATÍMETRICOS DEL ECUADOR

Dr. François MICHAUD Géosciences-Azur

con la colaboracion de Yves Le Gonidec (CNRS) y Andre Lebot (IFREMER



« 3Dview » de la batimetria del Ecuador continental

Objetivos : generar mapas con fines científicos y pedagógicos

Aplicaciones amplias en tectónica, identificación morfoestructuras, identificacion de zonas con riesgos potenciales (deslizamientos submarinos .....etc)

Cualquier estudio geocientífico local o regional requiere un buen conocimiento batimetrico.

Indispensable para ilustrar los aspectos mas relevantes de la geomorfologia submarina como dorsales, zonas de fracturas, fosas,

cordilleras submarinas.....

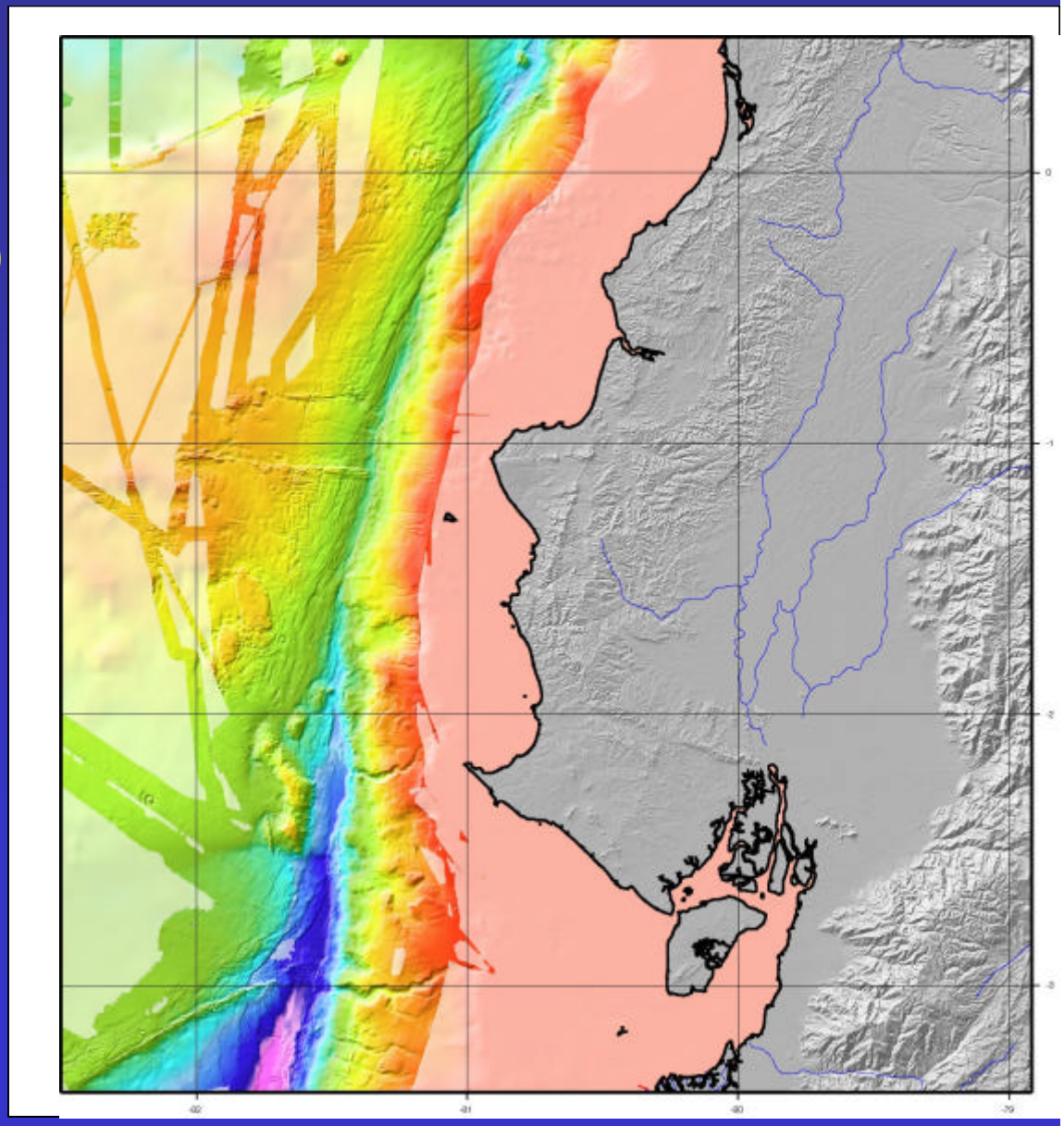
Datos utilizados

* Topografía en Tierra
(Shuttle Radar Topography mission)

* Sondas Multihaz de numerosas campañas

* Sondas Monohaz en la plataforma (INOCAR)

* Batimetría global derivada de la altimetría
(Sandwell and Smith, 1996)



Diferentes etapas

Primera etapa

• realización de una malla (« grid ») a partir de la compilación de batimetría multihaz (+ la tierra).

Segunda etapa

• realización de una malla a partir de la batimetría global de Sandwell and Smith (1996) derivada de la altimetría.

• realización de una malla a partir de la batimetría monohaz en la plataforma (mapas hidrográficos de INOCAR)

Tercera etapa

• sobreposición de las mallas precedentes para producir una malla final (tamaño del pixel de la malla :150m para el margen y 200m para la cordillera de Carnegie).

Primera etapa :

Elaboración de una malla

a partir de batimetría multihaz

1. Adquisición de datos a partir de sondas multihaz (fundamentos y características)
2. Integración de los datos multihaz
3. Procesamiento de los datos multihaz y cálculo de la malla con el « software » CARAIBES

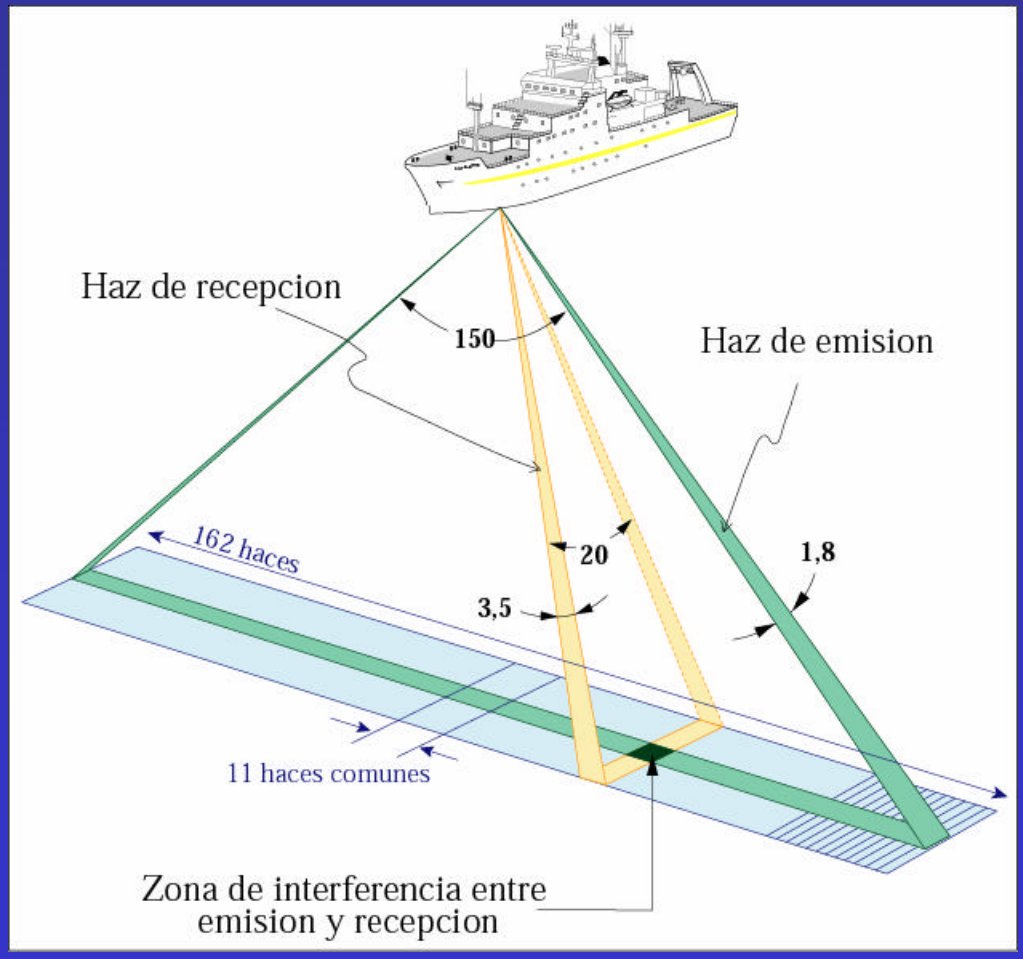
SONDAS MULTIHAZ

Fundamentos

- Sistema de adquisición de batimetría de alta resolución
- Adosado al casco del buque
- Emisión ^ registro
- Zona de interseccion entre emision y recepcion = 1 haz a lo largo de un ciclo
- ejemplo (B/0 Atalante) :

162 haz por cada ciclo

haz de emision 1.8° de anchura; haz de reception 3.5°de anchura



Direccion de los avances tecnologicos

- Frecuencias más altas (30, 50, 95, 300 kHz)

  12-15 kHz (SeaBeam, EM12...) > *resolución métrica*

  100-200 kHz (EM1002...) > *resolución centimétrica*

- Mayor n° de haz (hasta 880)

Seabeam (Jean Charcot - 1977) : 16

EM12-D (Atalante - 1993) : 162

EM120 (Beautemps Beaupré - 2002) : 191

Seabat 7150 (Pourquoi pas? – 2006) : 880

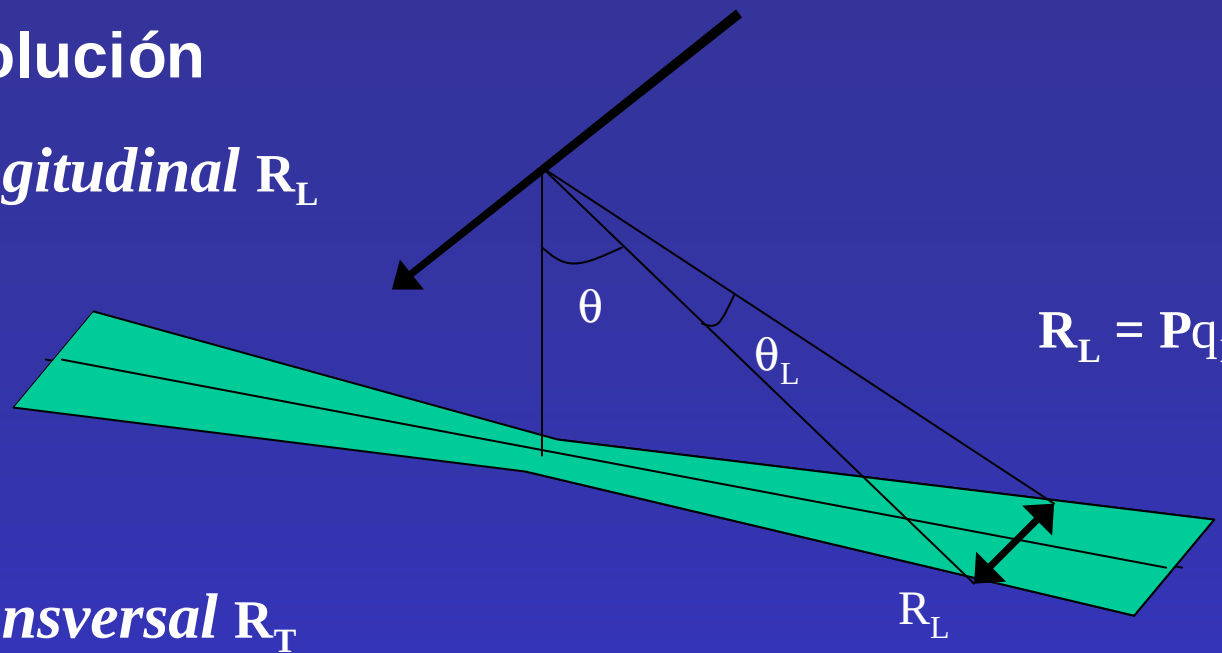
- Haz más finos (hasta 0.5°)

- Mayor cobertura angular (hasta 170°)

Caracteristicas de adquisición

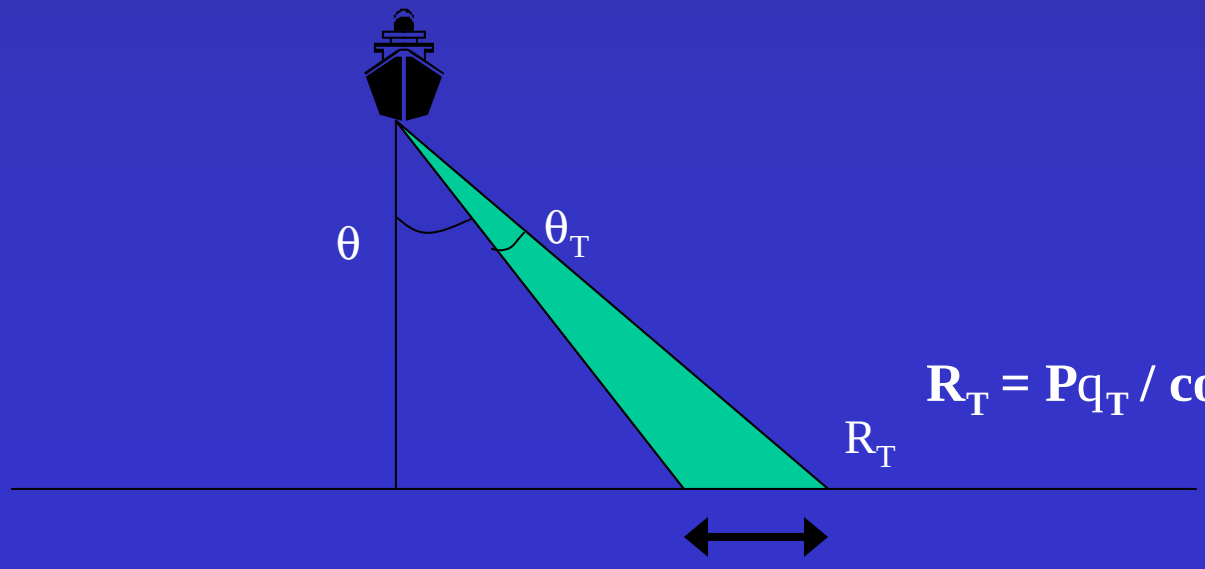
•resolución

Longitudinal R_L



$$R_L = Pq_L / \cos q$$

Transversal R_T



$$R_T = Pq_T / \cos^2 q$$

=> depende del sistema y de las condiciones de uso

Caracteristicas de adquisición

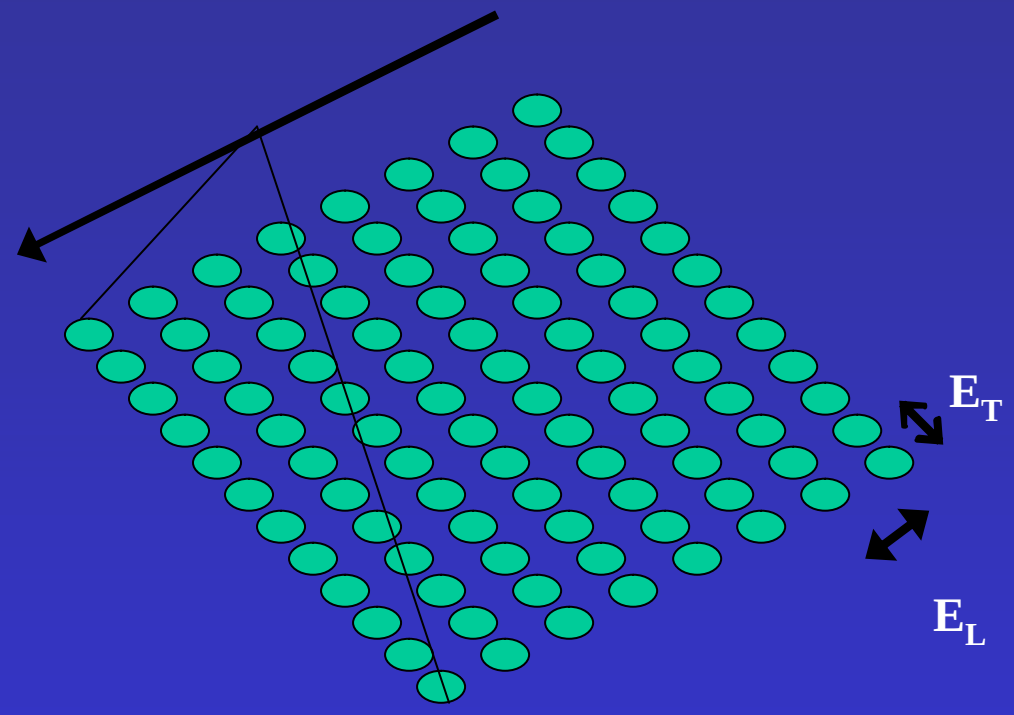
- **muestreo**

Longitudinal $\mathbf{E_L}$

$\mathbf{E_L = V\ Te}$

V : velocidad del buque

Te : periodo de emision



Transversal $\mathbf{E_T}$

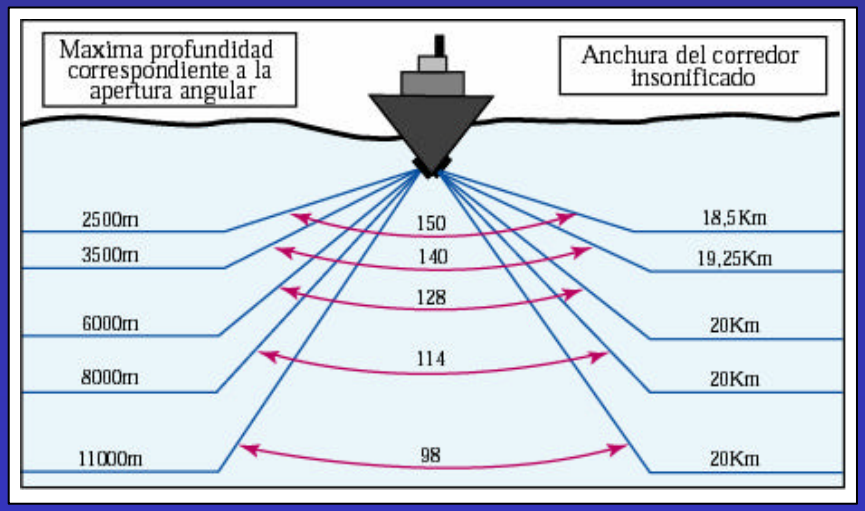
- repartición equidistante : $\mathbf{E_T = 2P \tan q_M\ /\ (N\text{-}1)}$

$2\theta_M$: apertura angular N : numero de haz

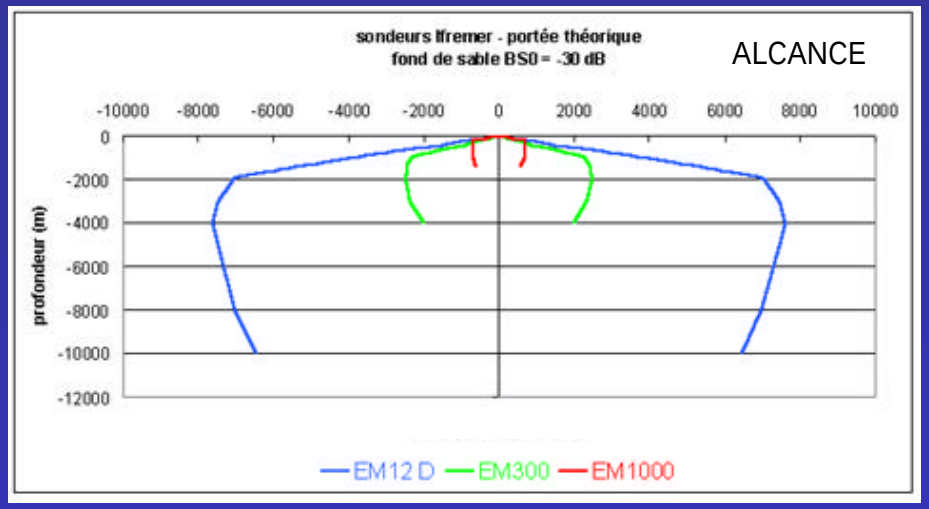
=> depende del sistema y de las condiciones de uso

Las caracteristicas de adquisición varian segun

- las condiciones de adquisición por un mismo sistema

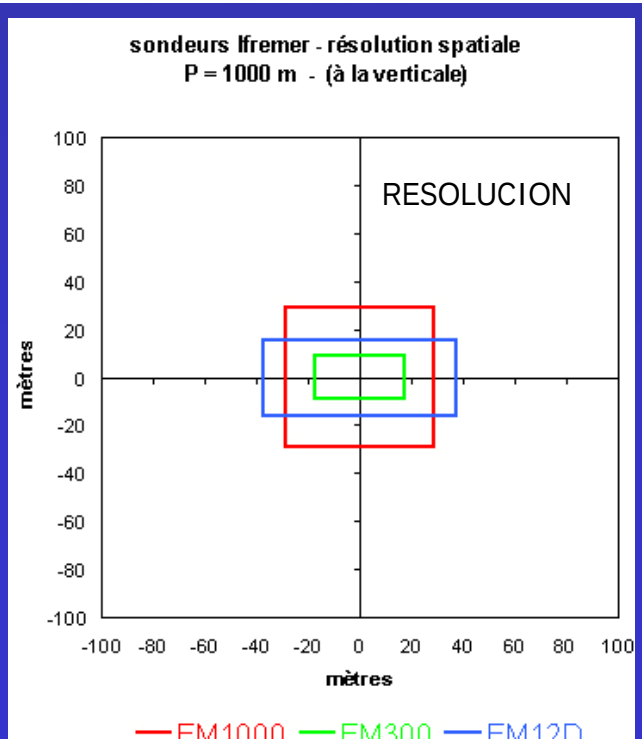


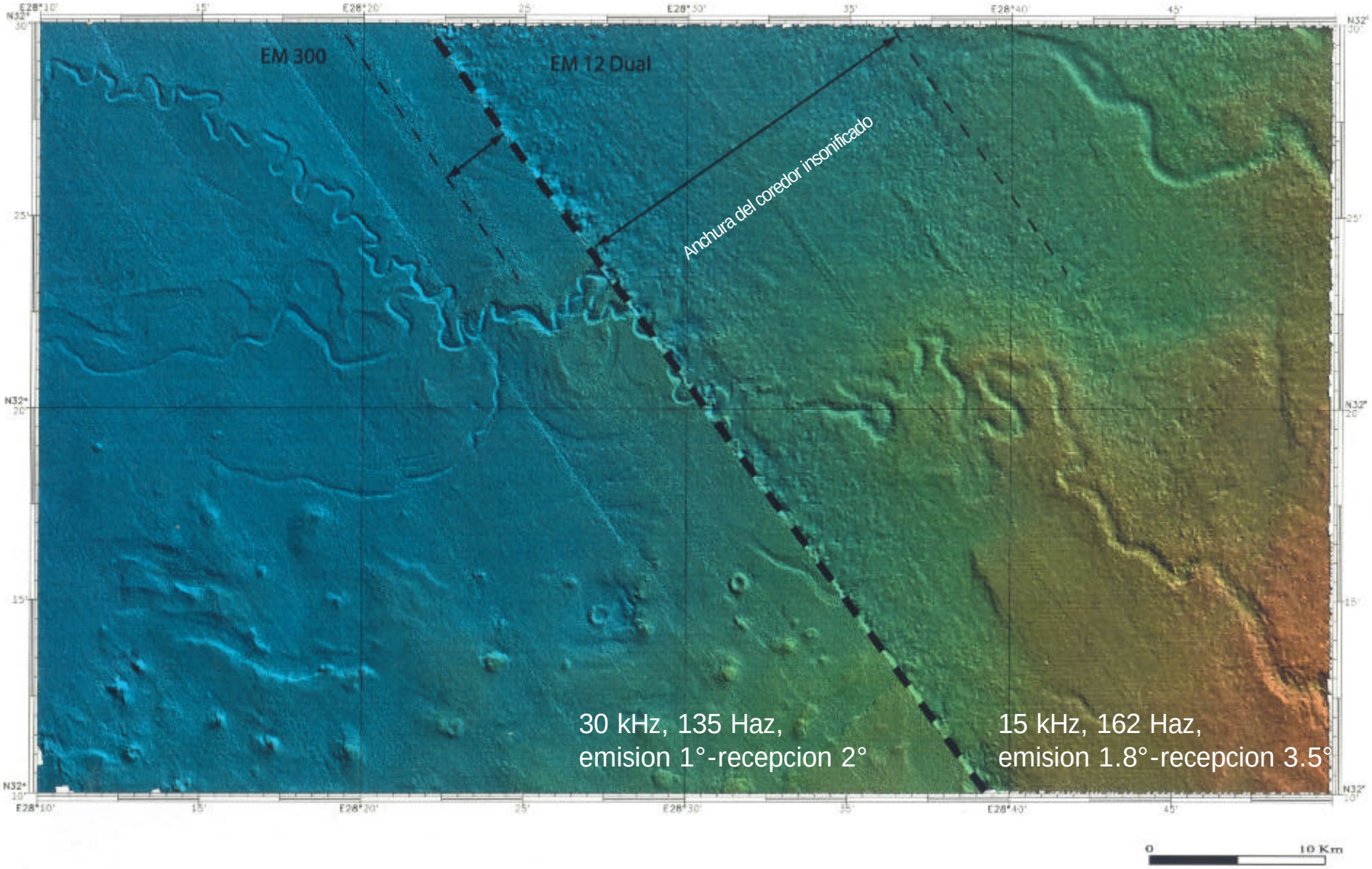
- el tipo de sistema



Sistema EM 300:
30 kHz, 135 Haz,
emision 1°- recepcion 2°

Sistema EM12D :
15 kHz, 162 Haz,
emision 1.8°- recepcion 3.5°





Delta submarino del NILO

→ **condiciona el tamaño del pixel de la malla final**

Ejemplo : por una velocidad del buque 10 nudos, una profondidad de 4000 m una apertura angular de 140° y un numeros de haz = 191,

⇒muestro longitudinal = 75 m y muestro transversal = 105 m

⇒tamaño del pixel de la malla = mas o menos 100 m

→ **valor promedio del tamaño del pixel de la malla escojida para generar las mapas = 150 m a 200 m**

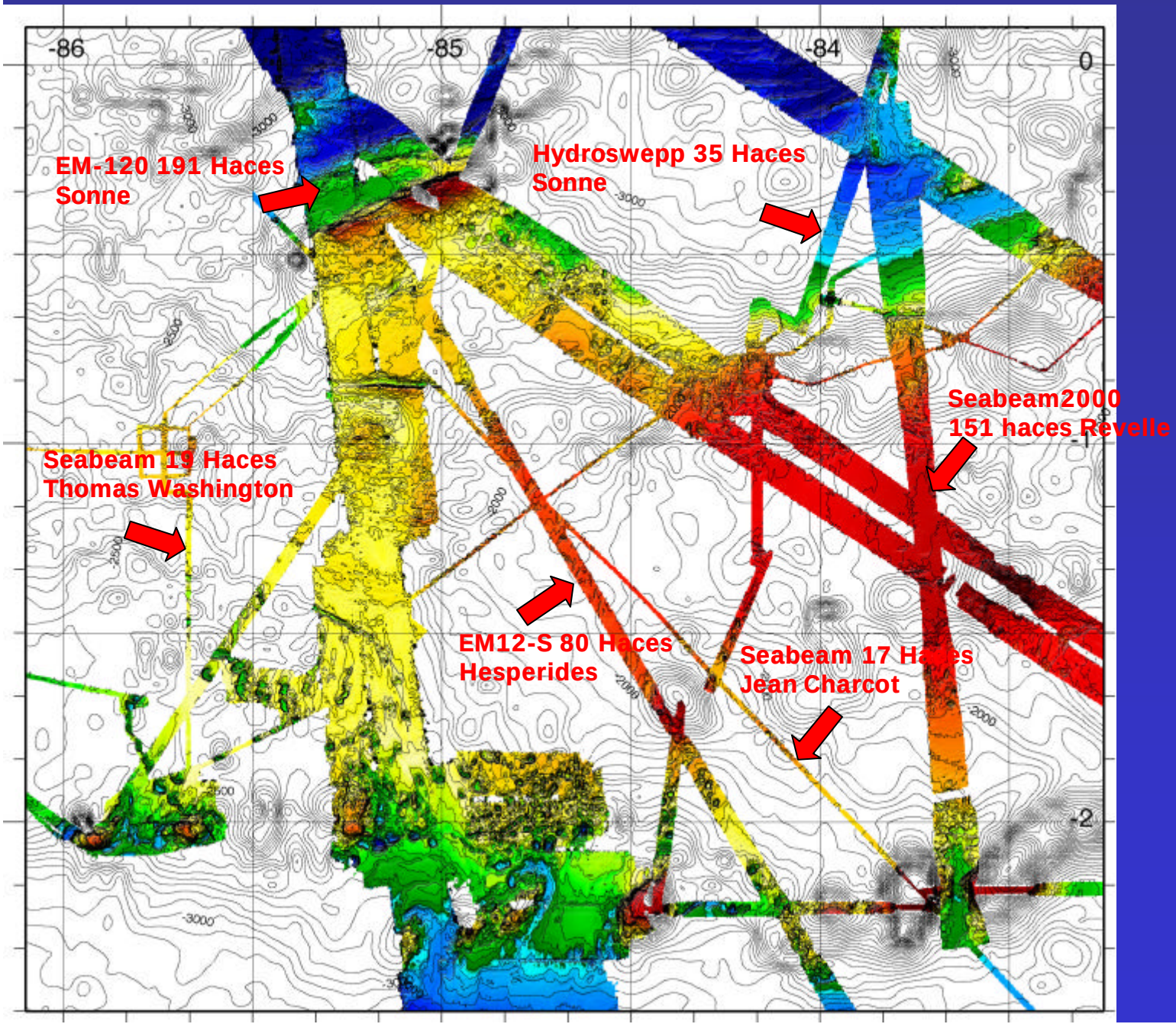
INTEGRACIÓN LOS DATOS MULTIHAZ

- **La dificultad es realizar una integración de datos adquiridos con sistemas de diferentes caracteristicas**

Diferentes buques, angulo de abertura, tamaño del haz, formato de los datos, control de la aceleracion, etc……

- sistema Simrad EM12D B. I. L'Atalante (IFREMER); campañas Pugu (1997) , Amadeus (2005), Esmeraldas (2005)
- sistema Atlas Hydrosweep del B. I. Sonne campaña SO-14 (Paganini, 1999) y del B.I. Maurice Ewing durante la campaña EW00-04 (2000)
- sistema Simrad EM120 del B. I. Sonne; campañas SO-158 (2001), SO-159 (Salieri, 2001), SO-162 (2002)
- sistema Simrad EM12S del B.I Hesperides campaña Gala (1996)
- sistema Seabeam 2100 del B. I. Atlantis; campaña AT07L25 (2002) y del B. I. Roger Revelle; campañas GENE01RR (1996) y Drift-Leg4 (2001).
- datos adicionales de batimetría multihaz fueron obtenidos de los bancos de datos del NGDC (NOAA) y SISMER (IFREMER)

Heterogeneidad de los datos (area central de la cordillera de Carnegie)

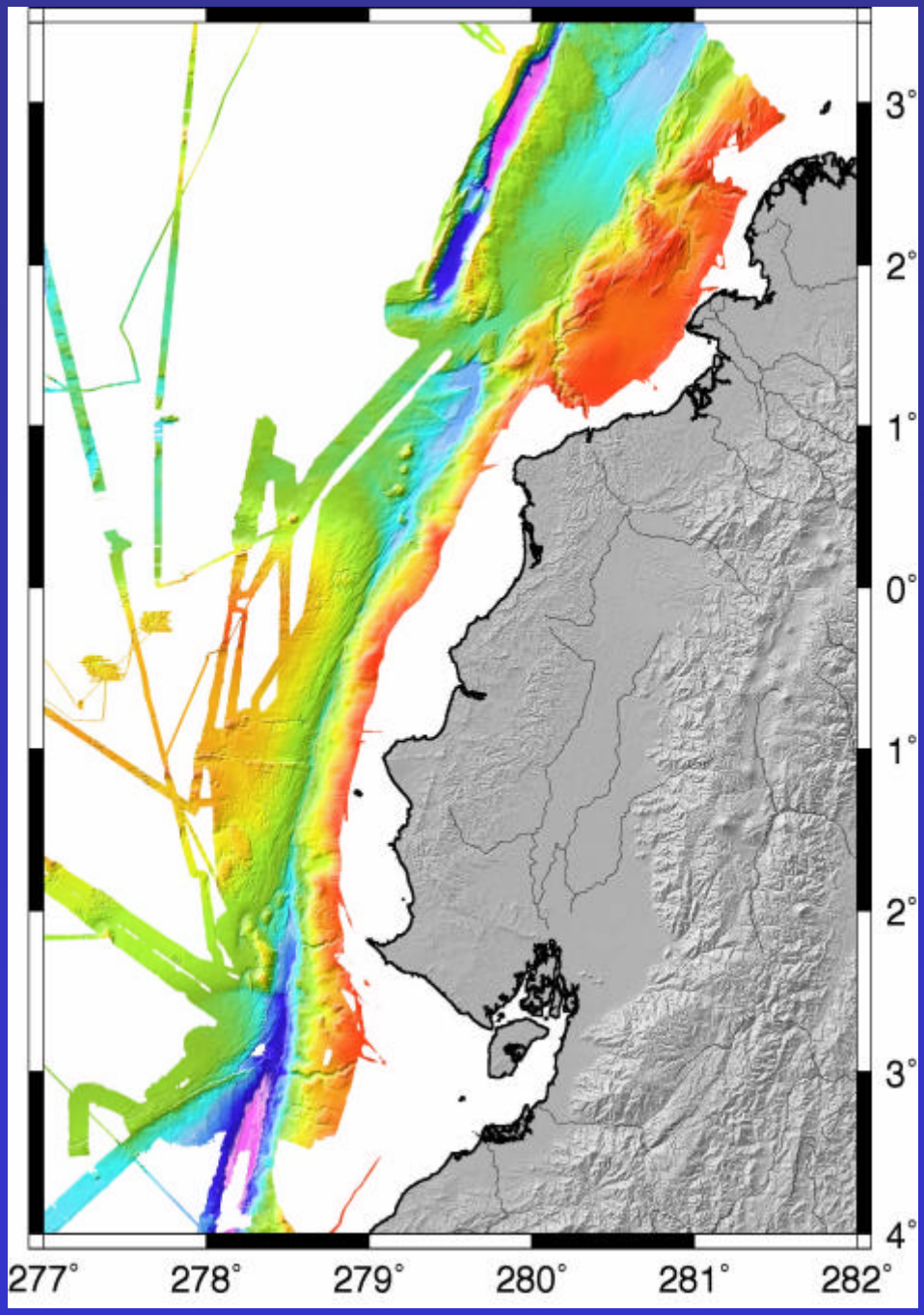


Heterogeneidad de los datos (area del margen)

Campaña Pugu (B/O Atalante) 1999

Campaña Salieri (B/O Sonne) 2001

Campaña Amadeus (B/O Atalante) 2005



PROCESAMIENTO DE LOS DATOS MULTIHAZ
con el « sofware » CARAIBES
(desarollado por IFREMER y el SHOM)

*** Conversión de datos al formato « caraibes »**

*** Procesamiento en « caraibes » de los datos de cada campaña**

*** Se trataron primero los datos de las campañas mas recientes (Amadeus, Pugu y Salieri) y posteriomente los mas antiguos**

CARAIBES = (**CAR**tography **A**dapted to **I**magery and **B**athym**E**try of **S**onars and multibeam echosounders)

IFREMER = Institut français de recherche pour l'exploitation de la mer

Tratamiento de datos

(e.g. *Caraïbes*)

Datos en bruto
> salida sonda

Navegación

1) Eliminación sondeos aberrantes

Datos en limpio

2) Fusión con la navegación

Datos posicionados geográficamente

Interpolación

3) Mallaje de los datos

Fichero posicionado en malla regular

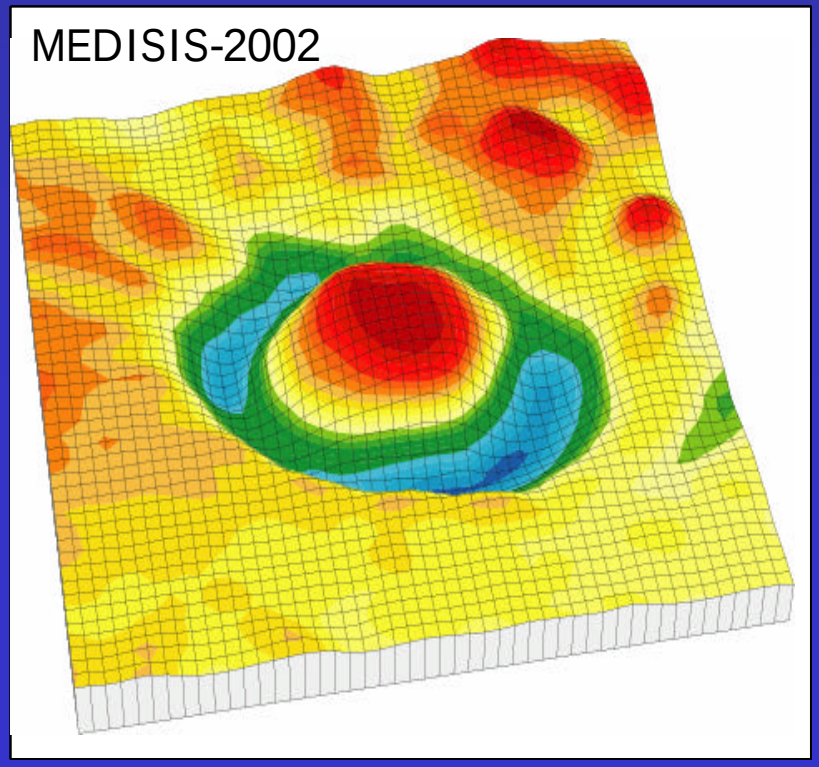
Filtros digitales, splines

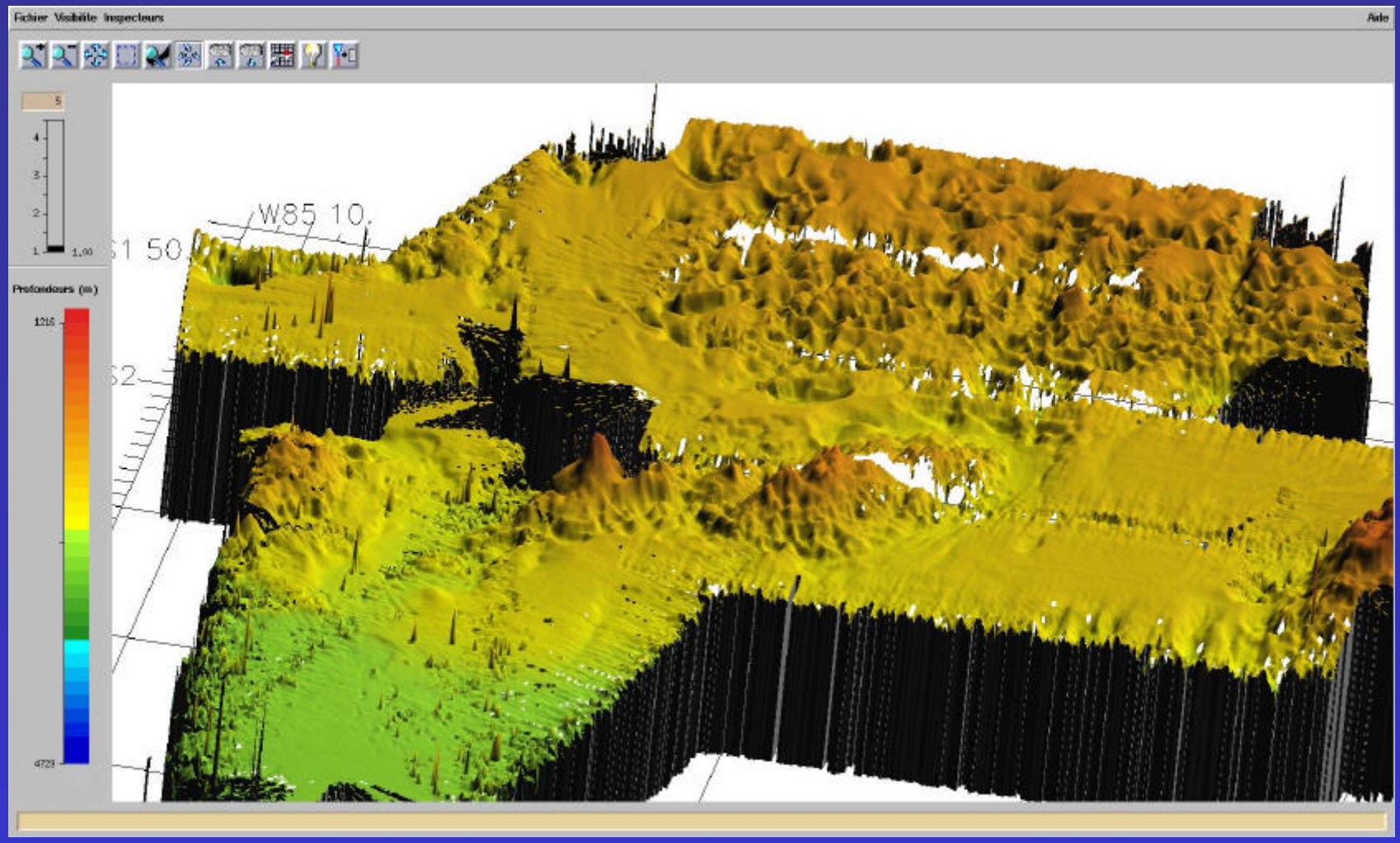
4) Filtrado, suavizado

Fichero limpio/final

5) Visualización

Mapas batimétricos



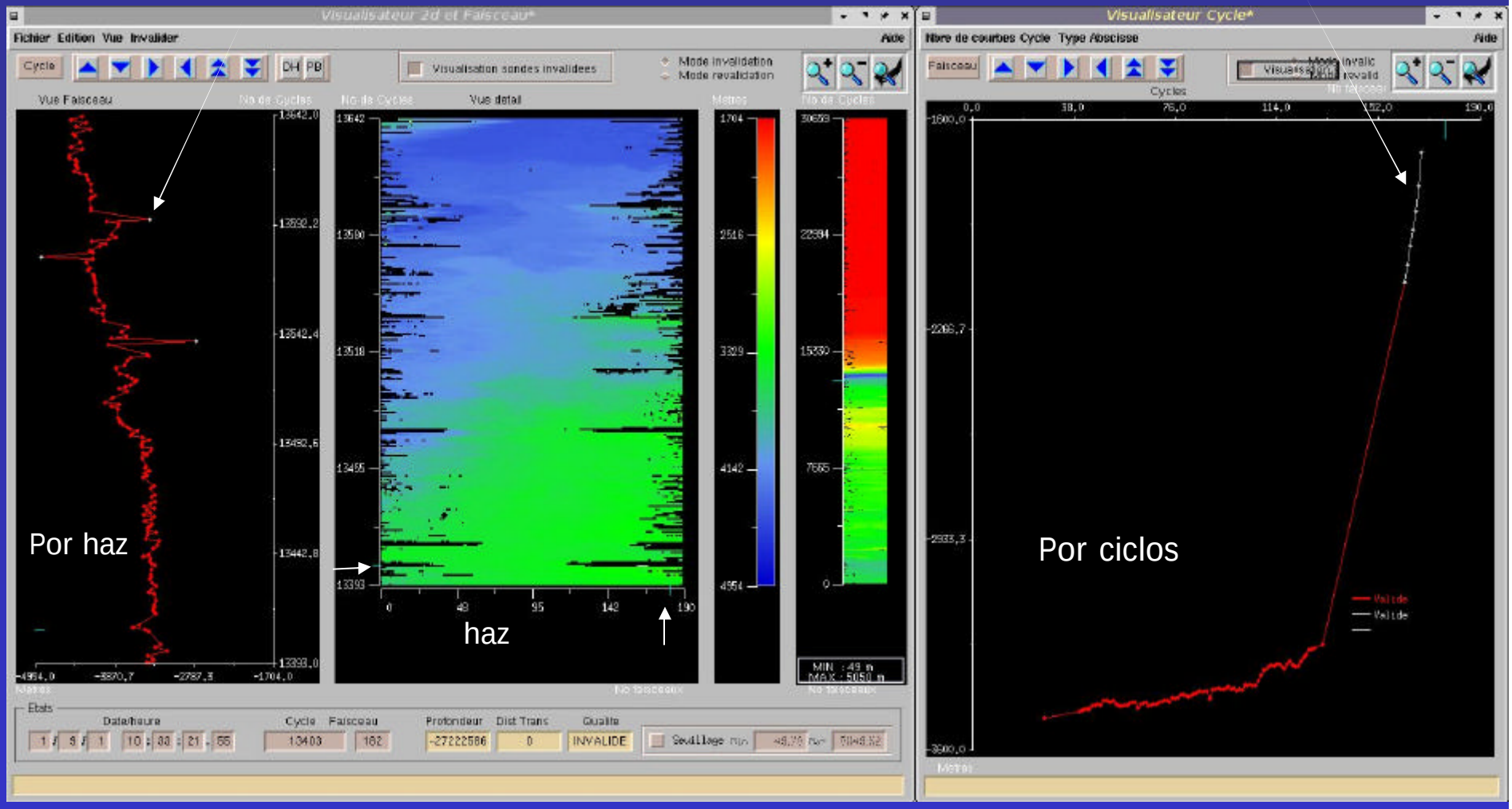


Datos de sondeos en bruto

(software CARAIBES) IFREMER

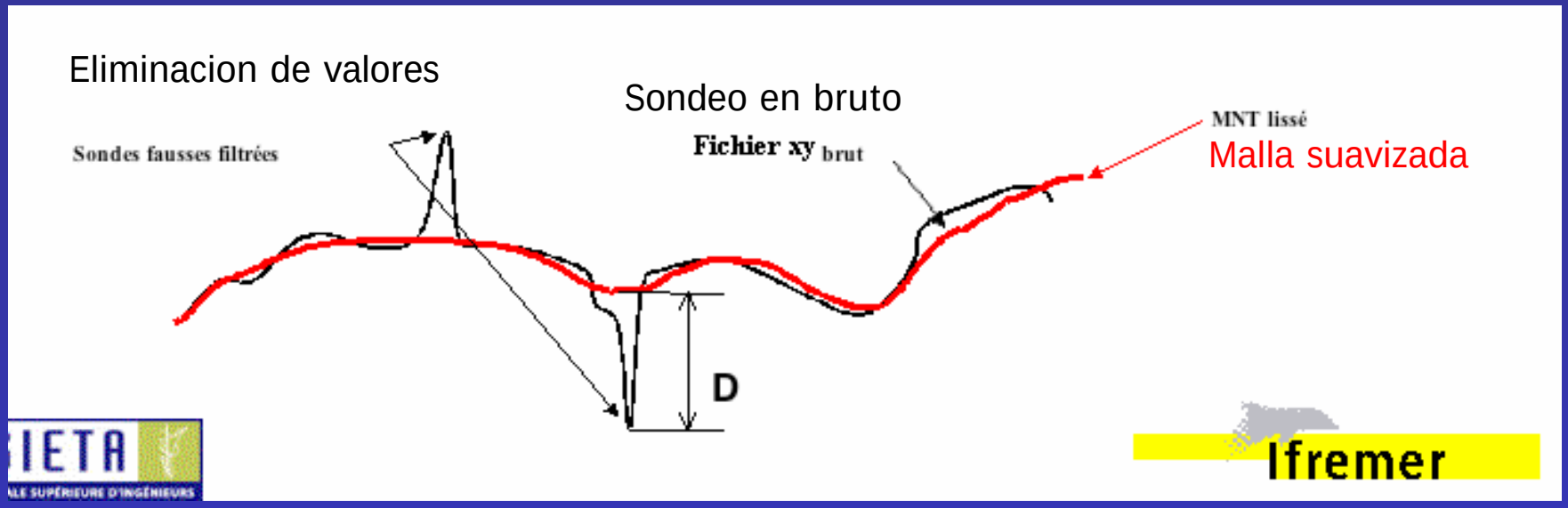
Sondeos invalidos

Sondeos invalidos



Depuración interactiva

(software CARAIBES) IFREMER

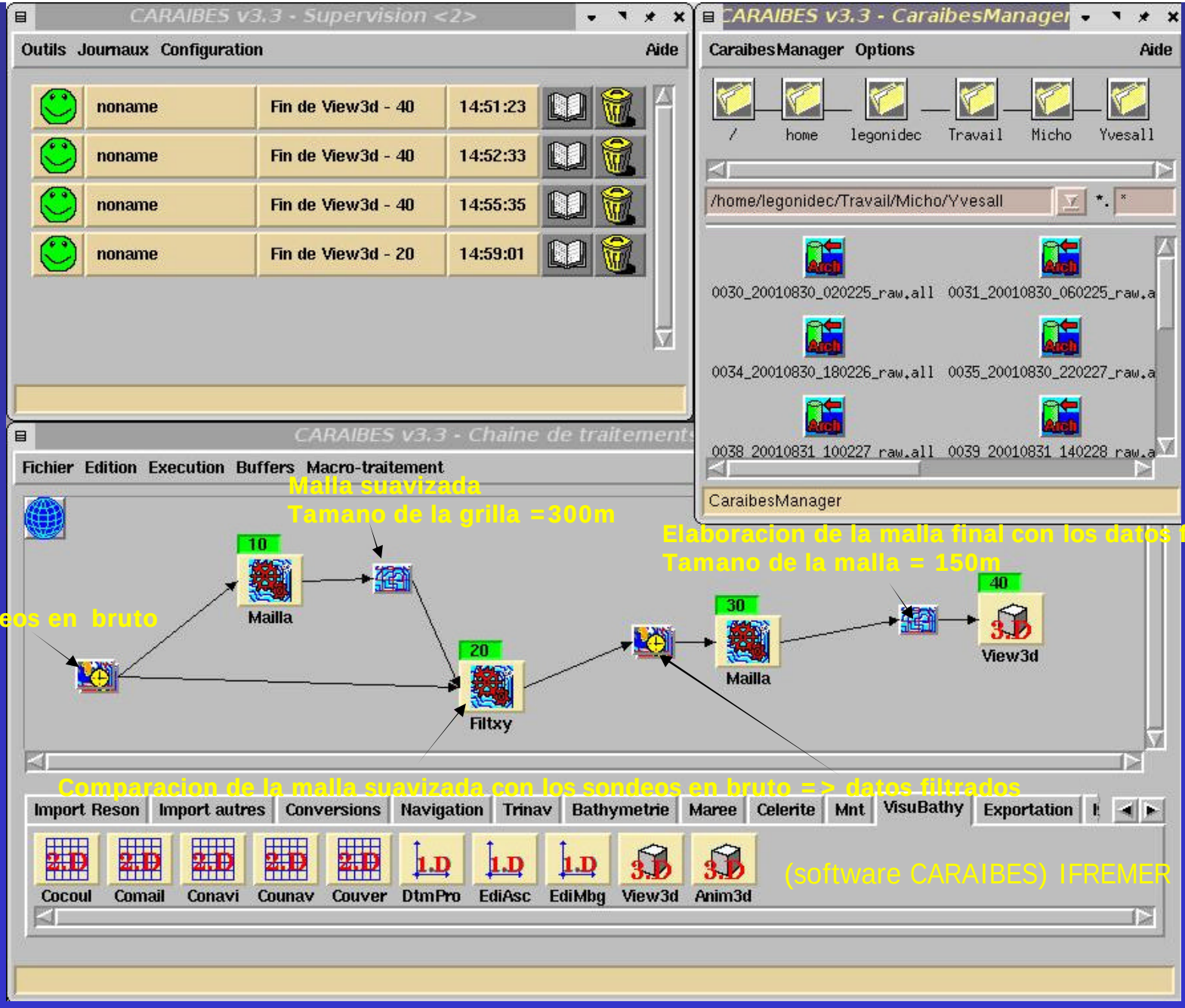


•calculo de una malla suavizada (funcion spline y tamaño de la malla = 2 veces el tamaño de la malla final)

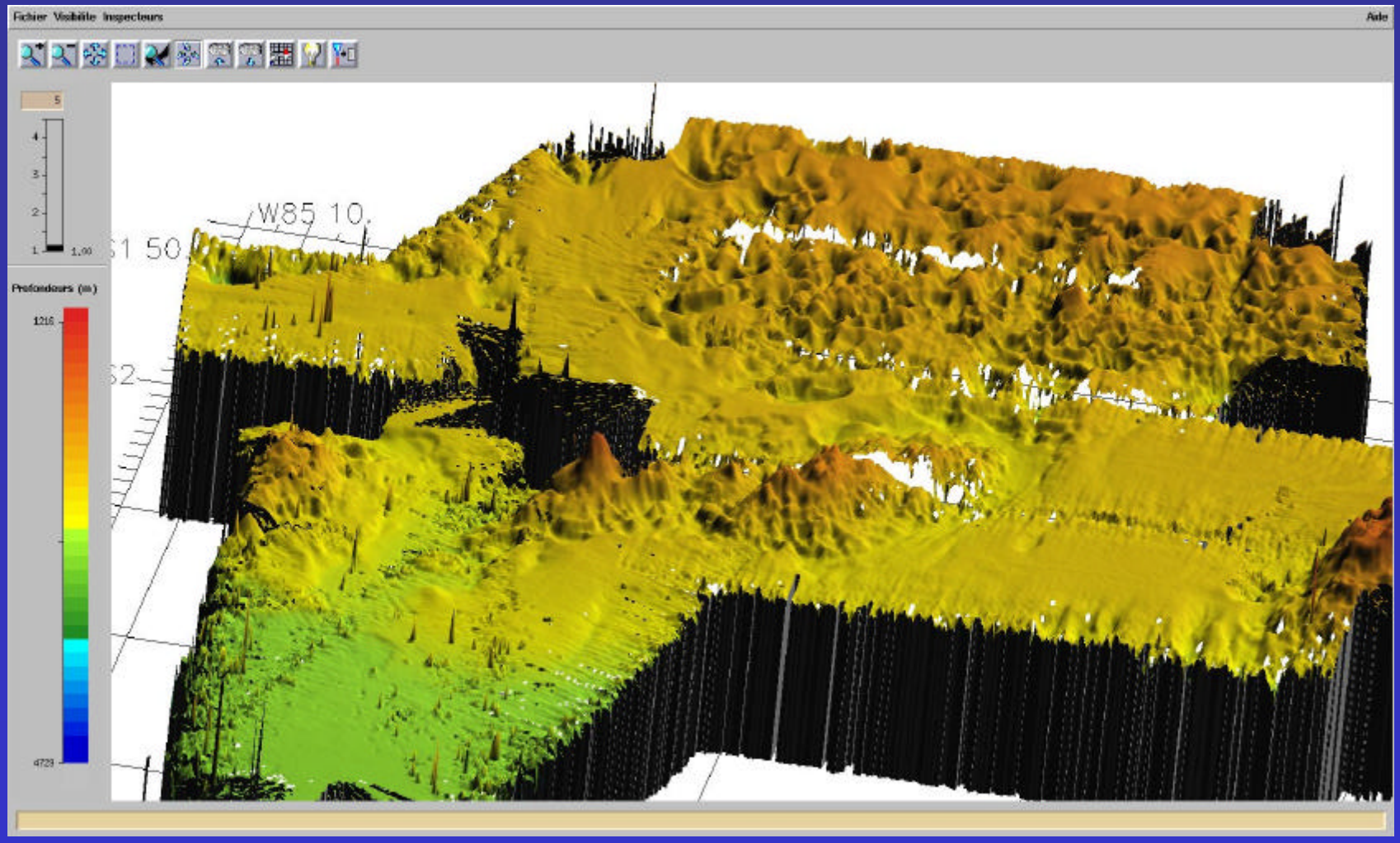
* cada sondeo en bruto se compara con la malla suavizada
no es validado si la diferencia es mayor que el limite D

Depuración automatica :
filtrado por comparación con una malla suavizada de referencia

(software CARAIBES) IFREMER

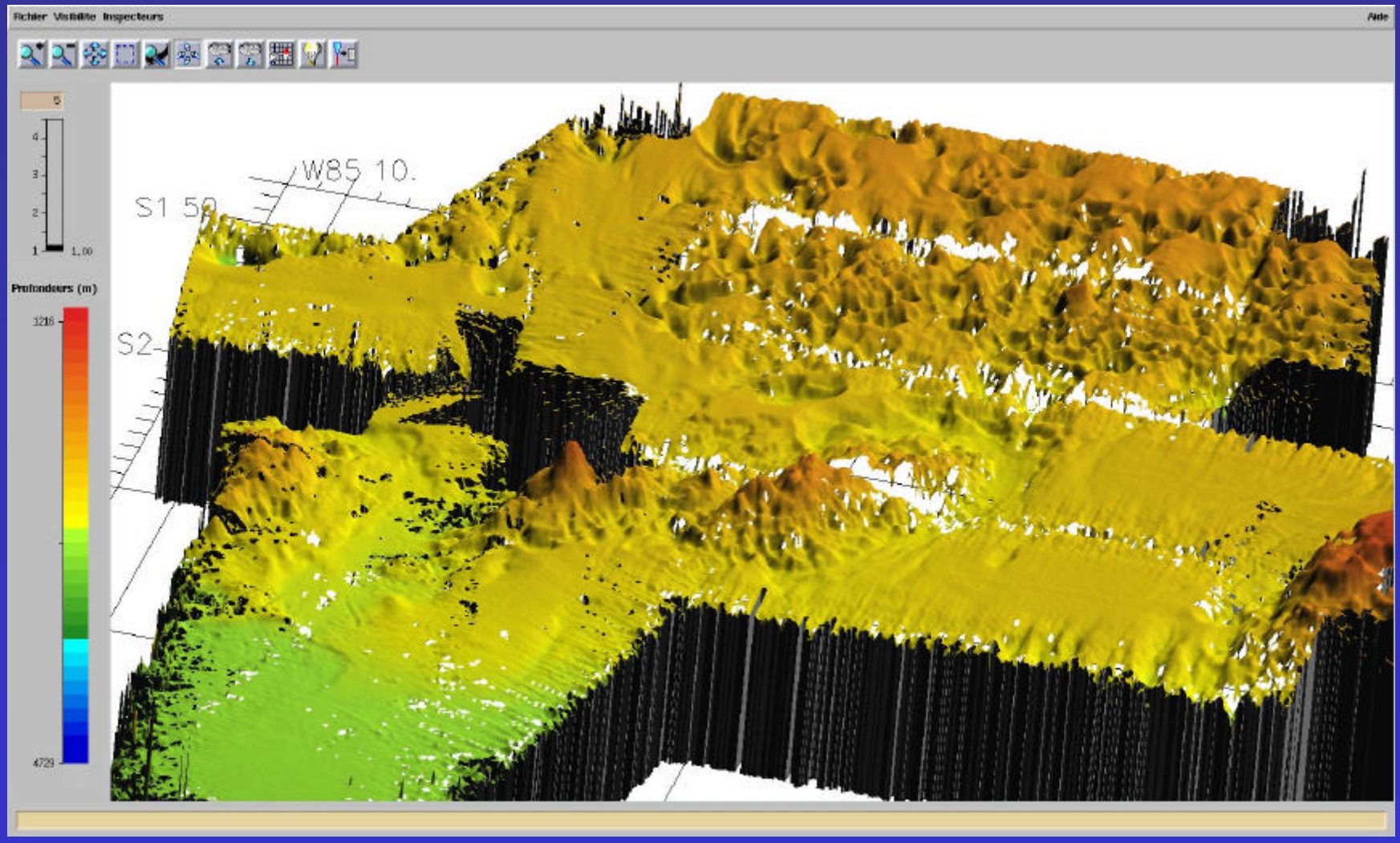


Depuración automatica : filtrado por comparación con una malla suavizada



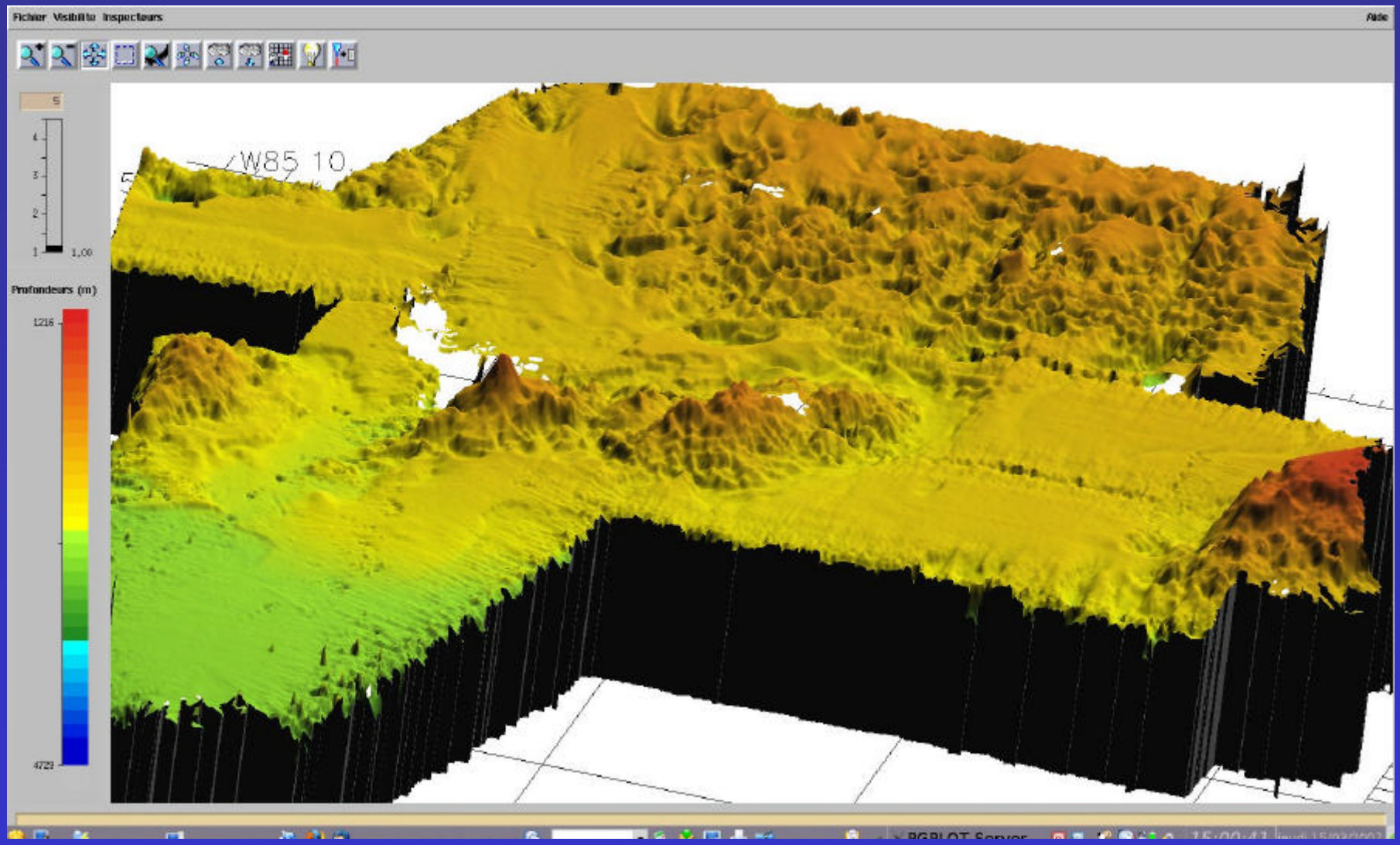
Sondeos en bruto

(software CARAIBES) IFREMER



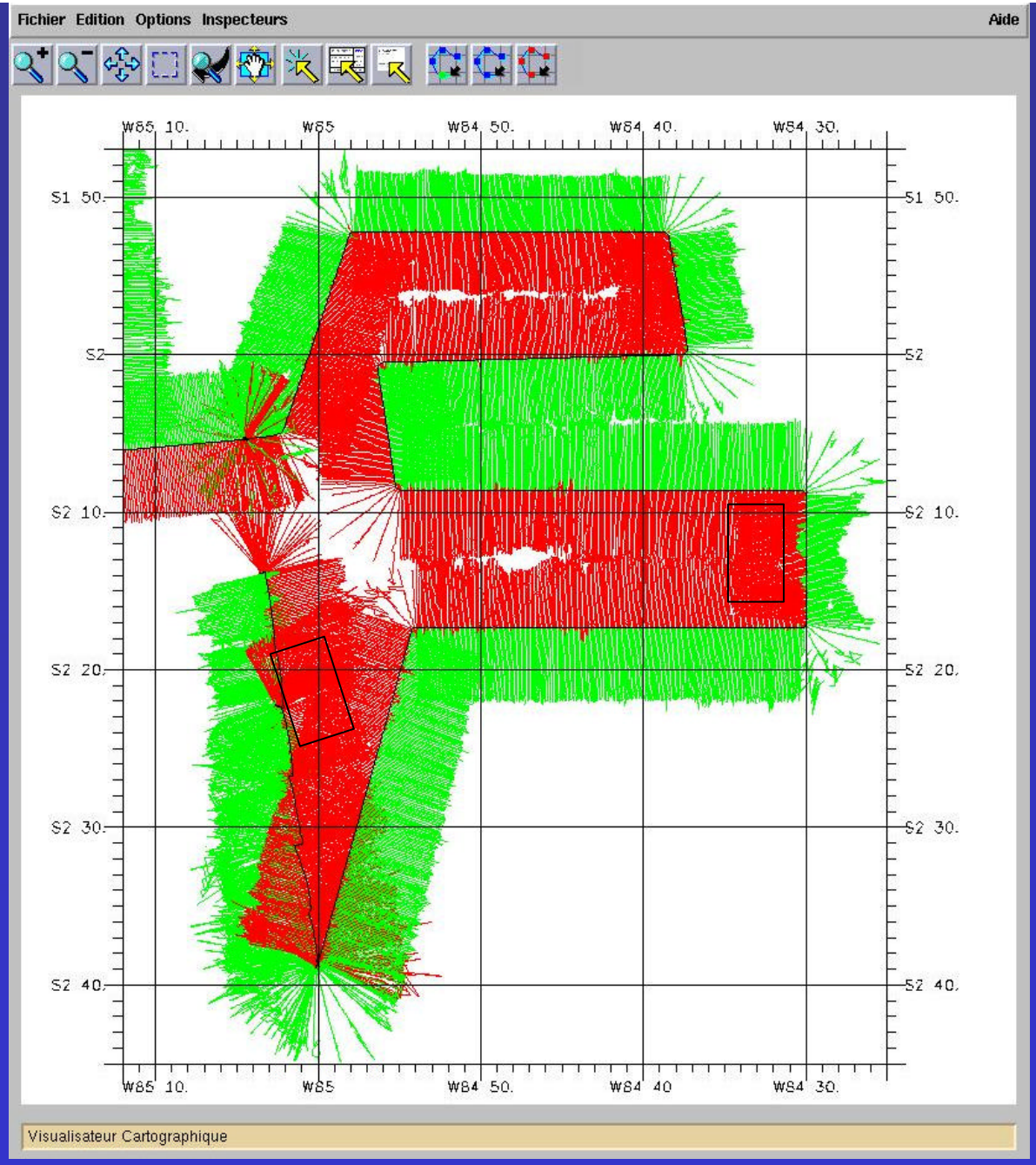
Sondeos filtrados

(software CARAIBES) IFREMER



Sondeos filtrados e interpolados

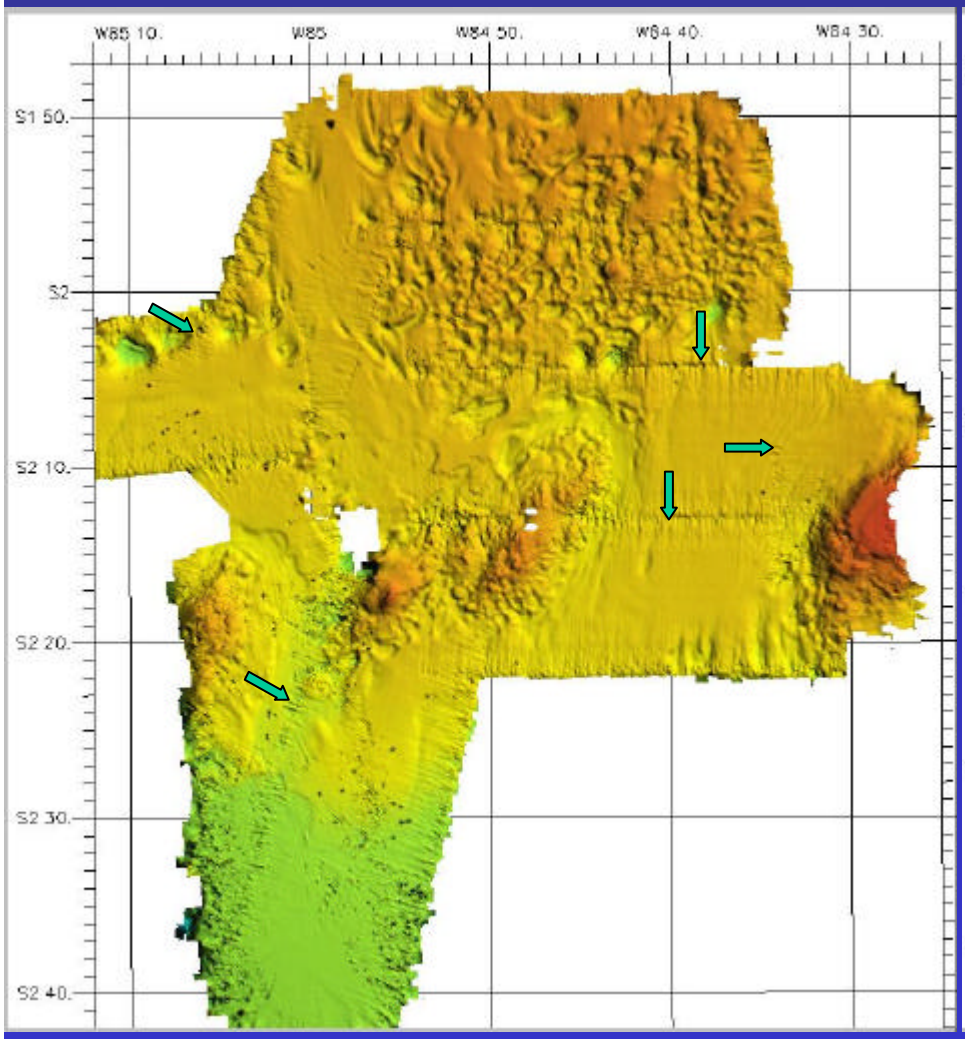
(software CARAIBES) IFREMER

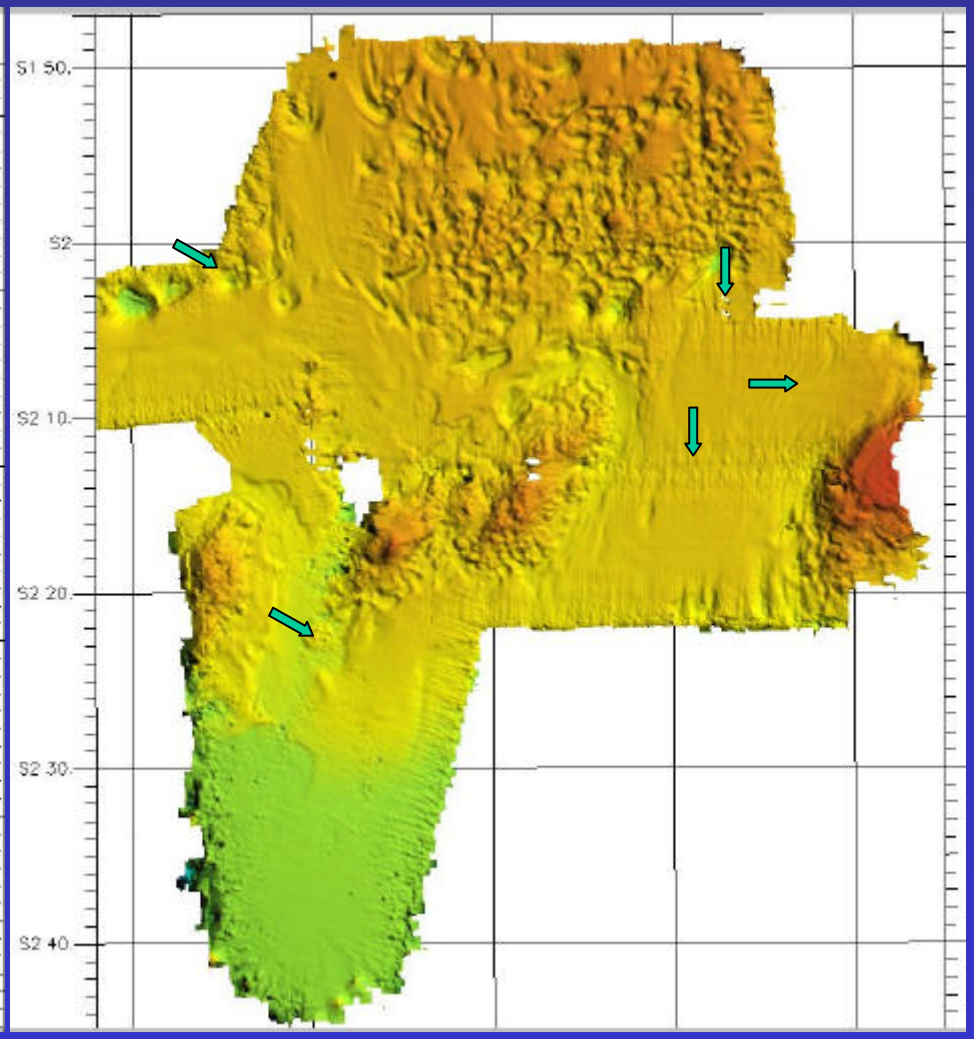


A babor color verde
A estribor color rojo

(software CARAIBES) IFREMER

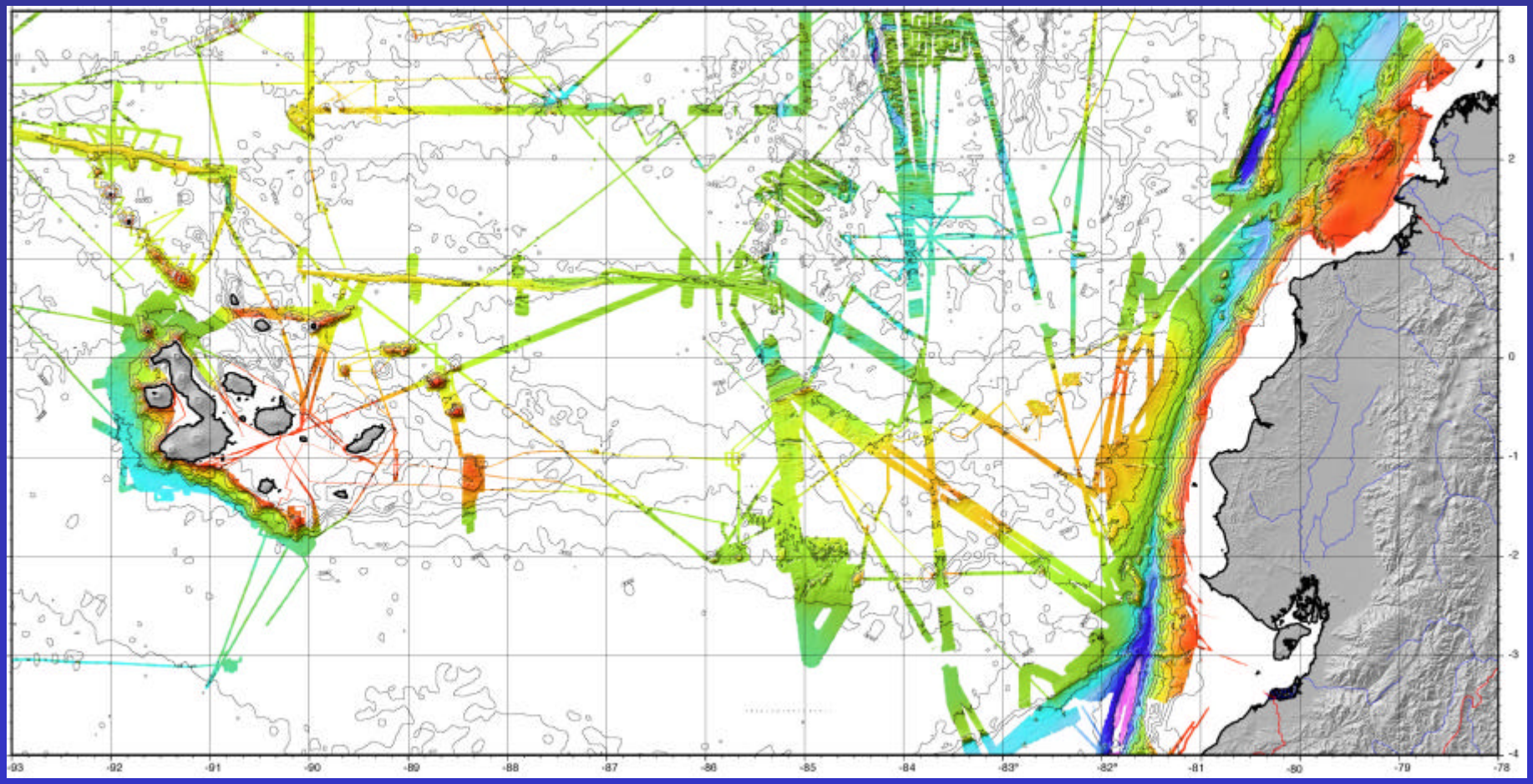
Visualización de los ciclos adquiridos a lo largo de las rutas





sondeos filtrados

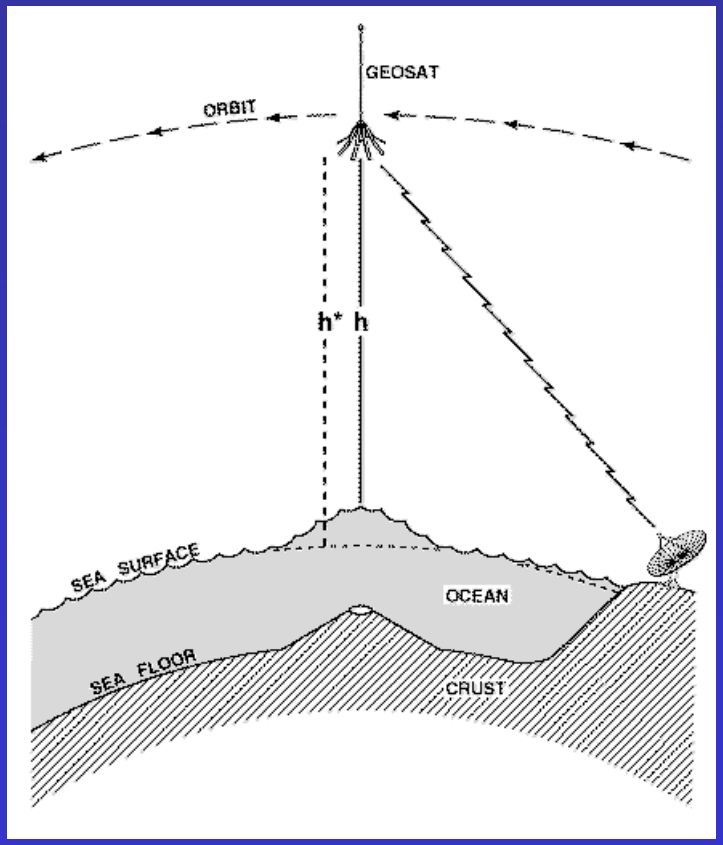
sondeos filtrados + eliminación de los datos de las zonas cubiertas varias veces +sondeos de los haz extremos



Resultado de la integración de los datos multihaz

segunda etapa

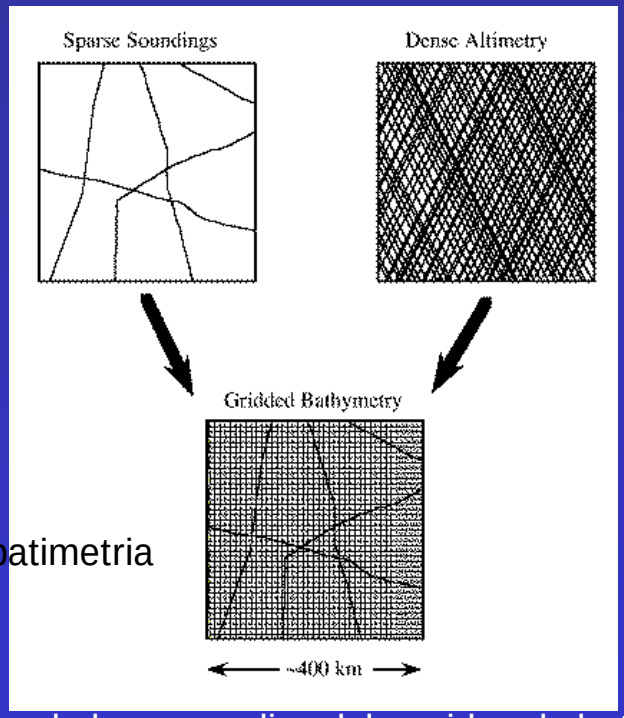
Integración de la batimetría derivada a partir de la altimetria



Medicion de las anomalias del geoide (altimetria)

Rutas de buques
con batimetria monohaz

Datos setelitales

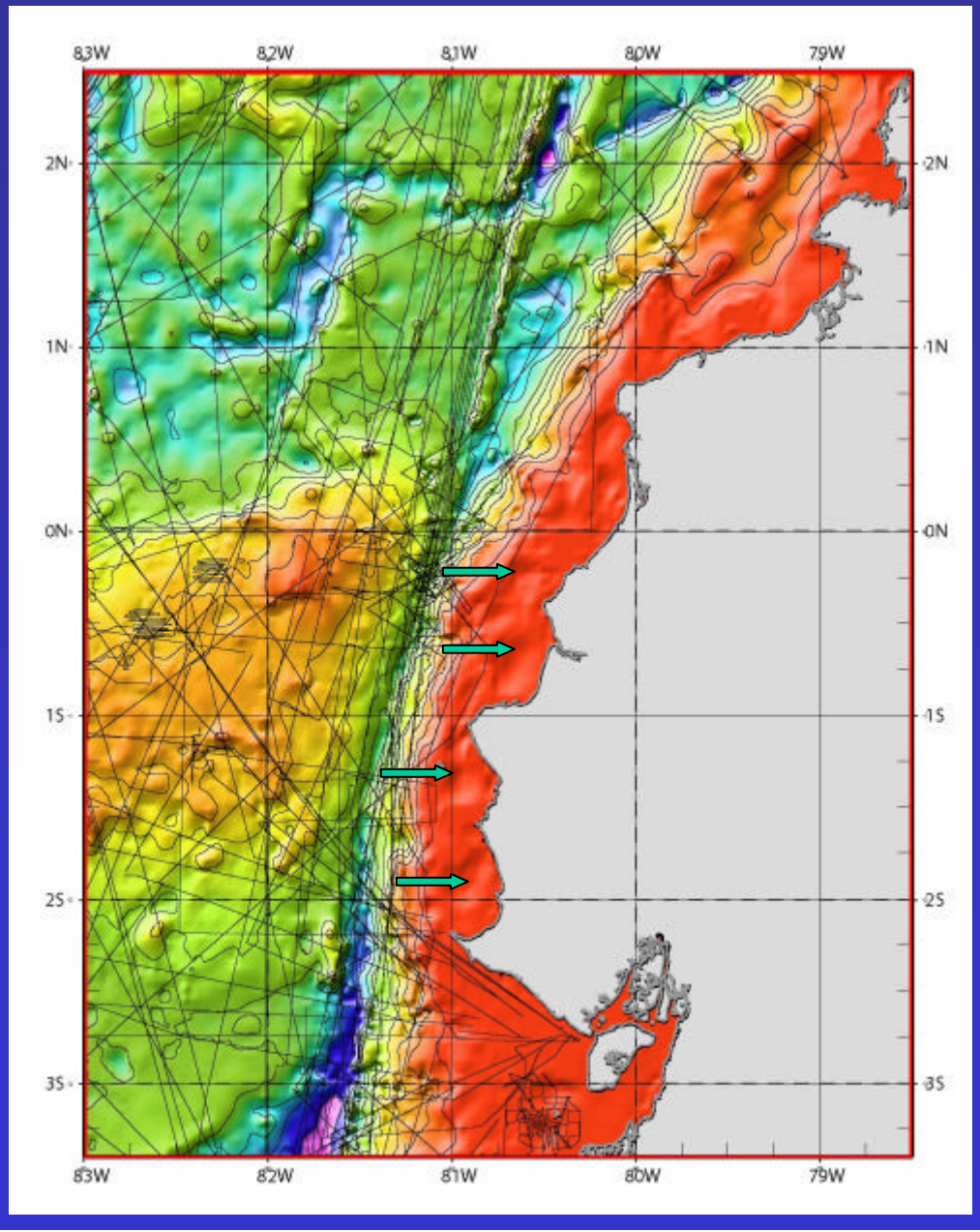


Malla de batimetria

Extrapolacion de las anomalias del geoide a la batimetria

Global seafloor topography from satellite altimetry and ship depth soundings Sandwell and Smith, 1996).

- **malla de la batimetría global (remustreada con el tamano de la malla de multihaz)**



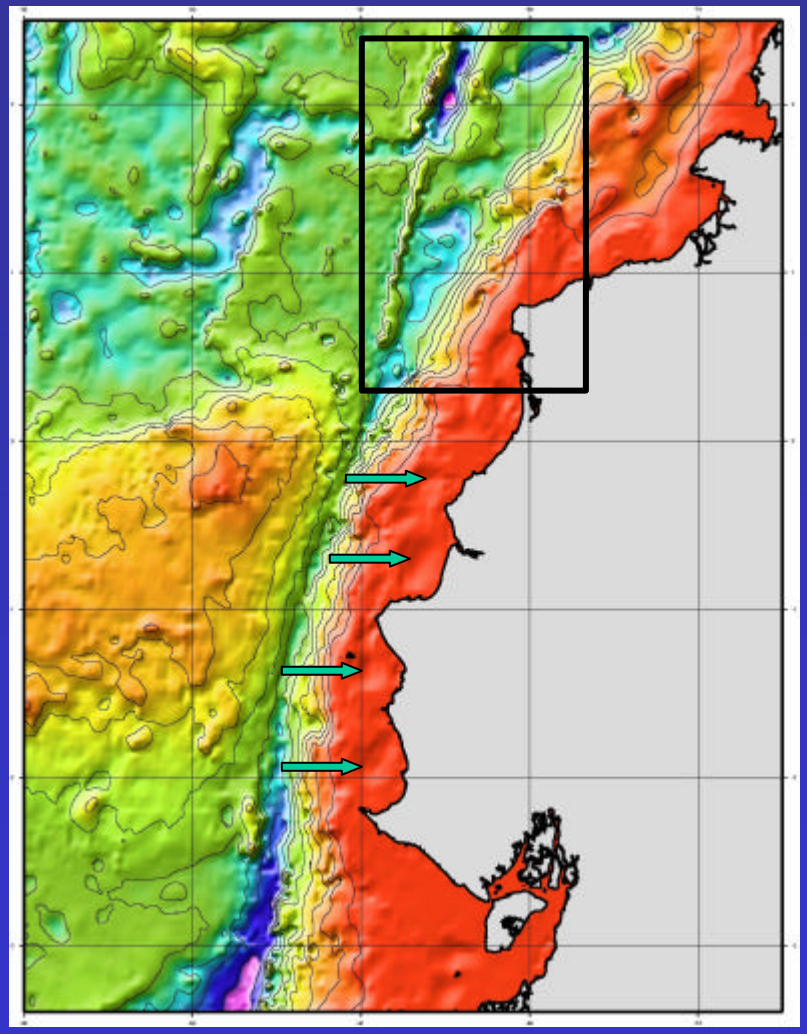
No es eficiente en la plataforma

=> integracion de los sondeos

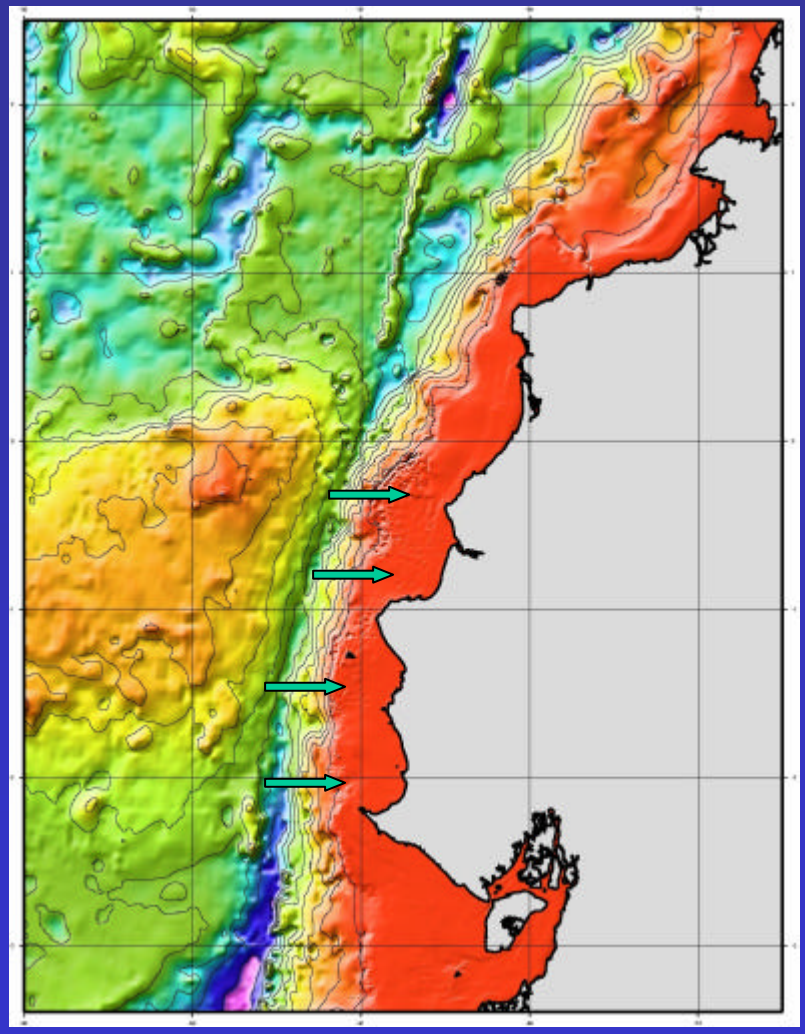
de los mapas hidrograficos

de INOCAR

•malla a partir de batimetría monohaz en la plataforma

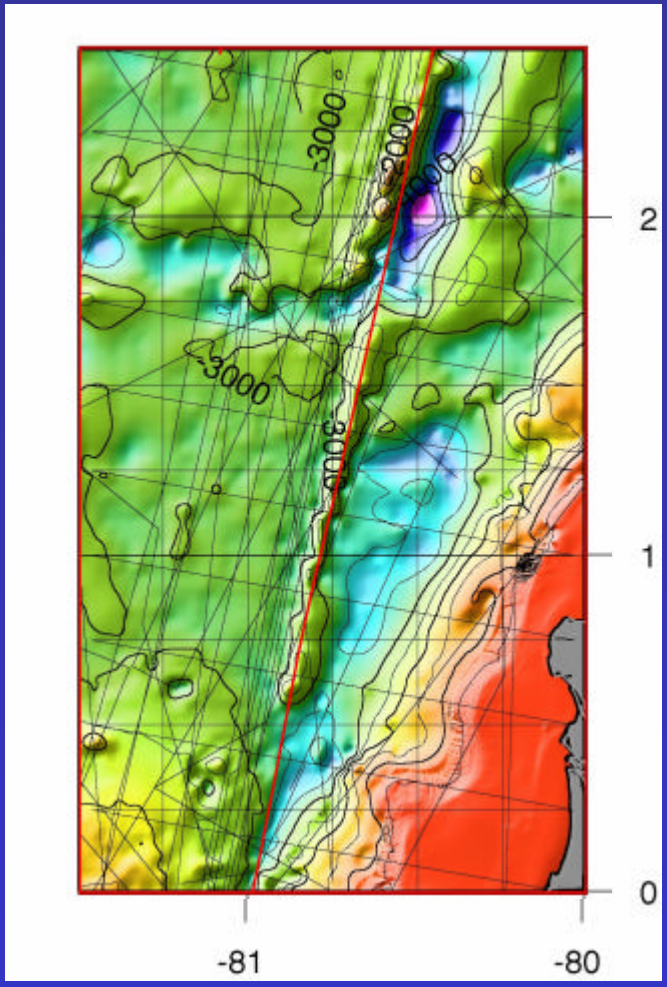


Batimetría global

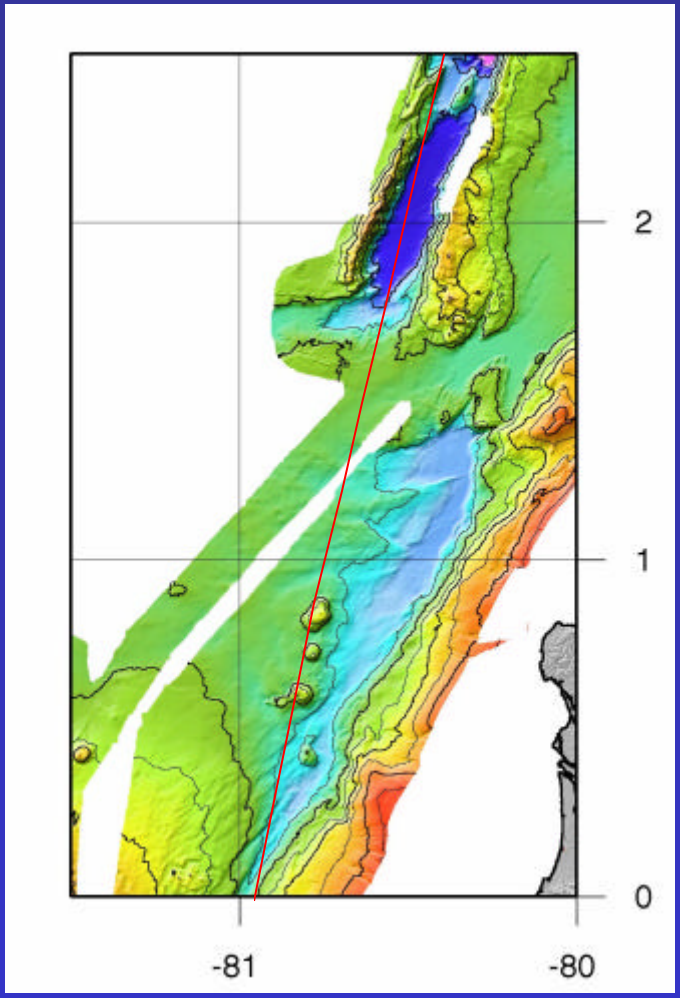


Batimetría global + sondeos de los mapas de INOCAR en la plataforma

Batimetría global

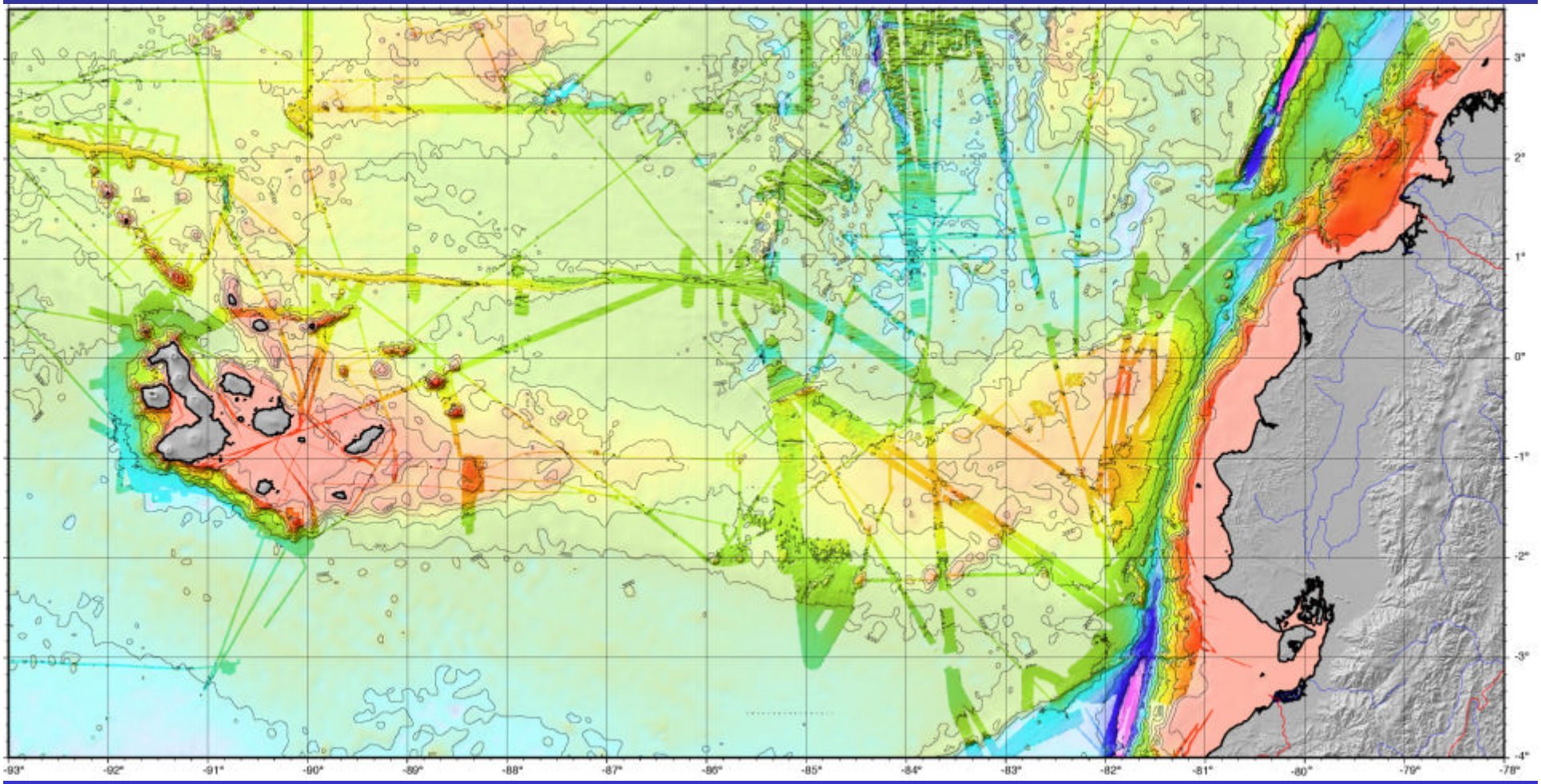


Batimetría Multihaz

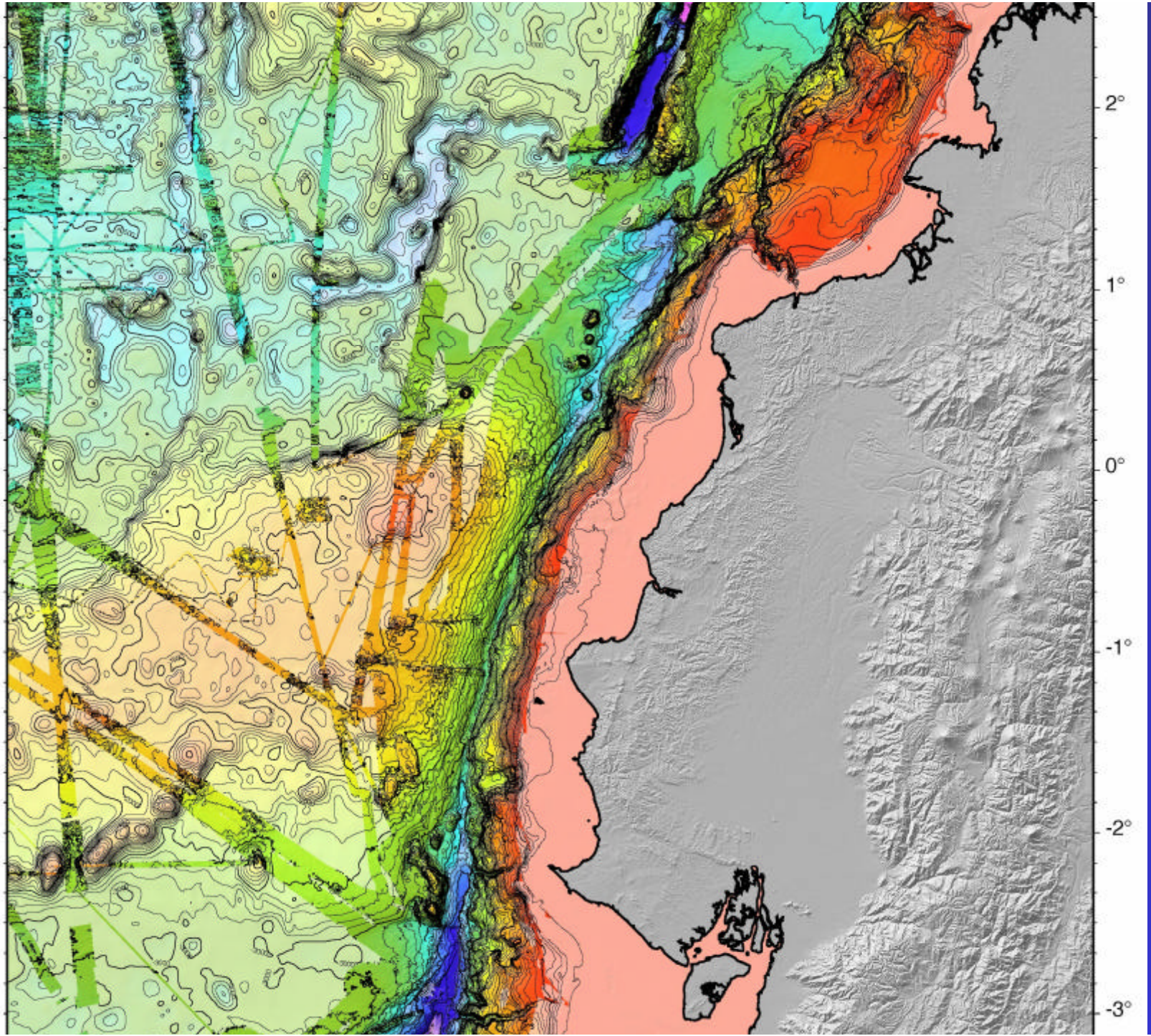


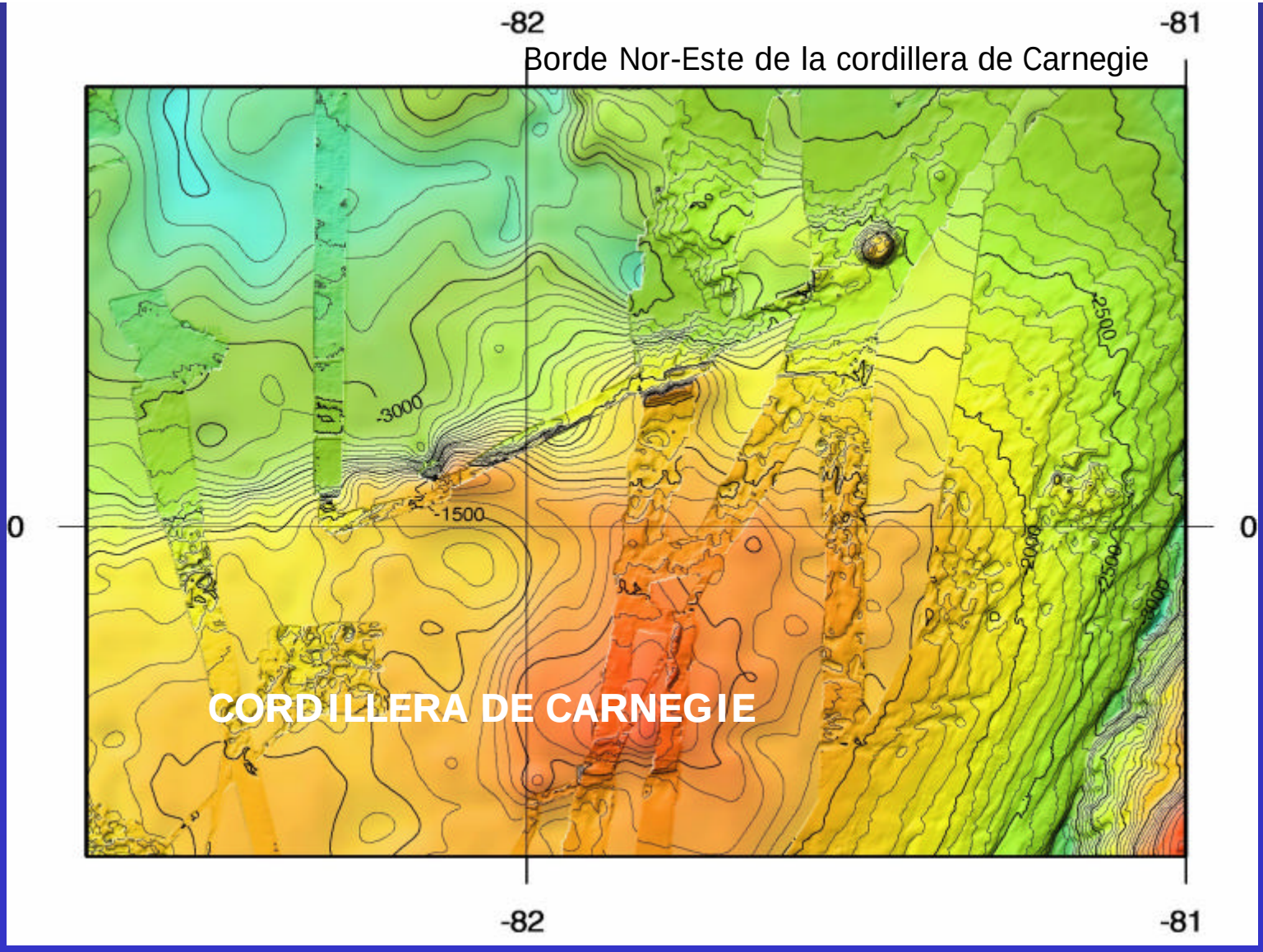
- artifacto en los datos de la batimetría global

Tercera etapa
Sobreposición de las mallas



obtención la malla final


2°
1°
0°
-1°
-2°
-3°



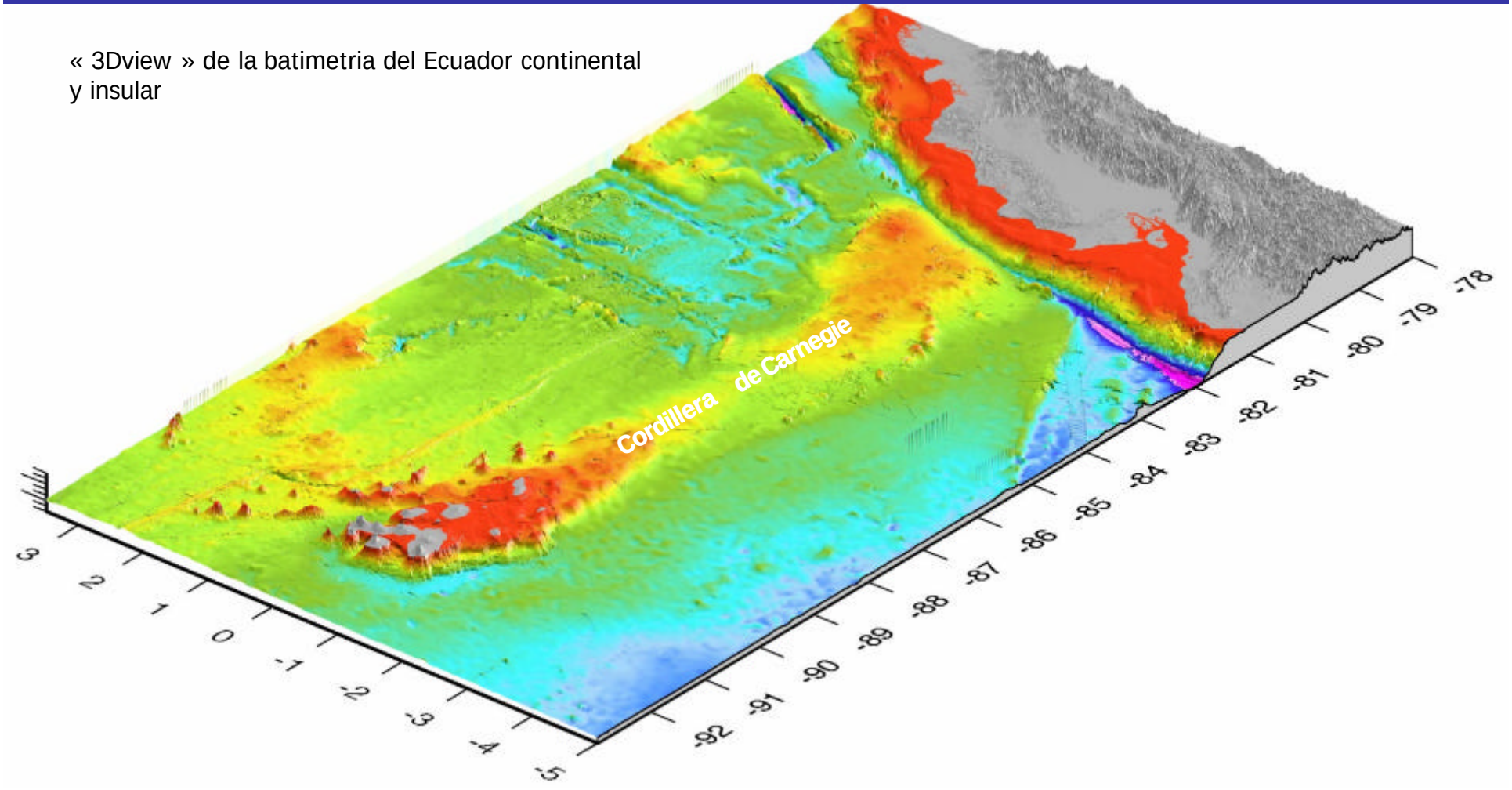
Se respecto el valor de muestreo de los datos
=> No hay correspondancia sistematica entre geoformas

Conclusiones

•La elaboración de estos mapas muestra el estado actual del conocimiento batimetríco (multihaz) en la zona

• Con el tiempo los mapas cambiaran en la medida que se integren nuevos datos multihaz.

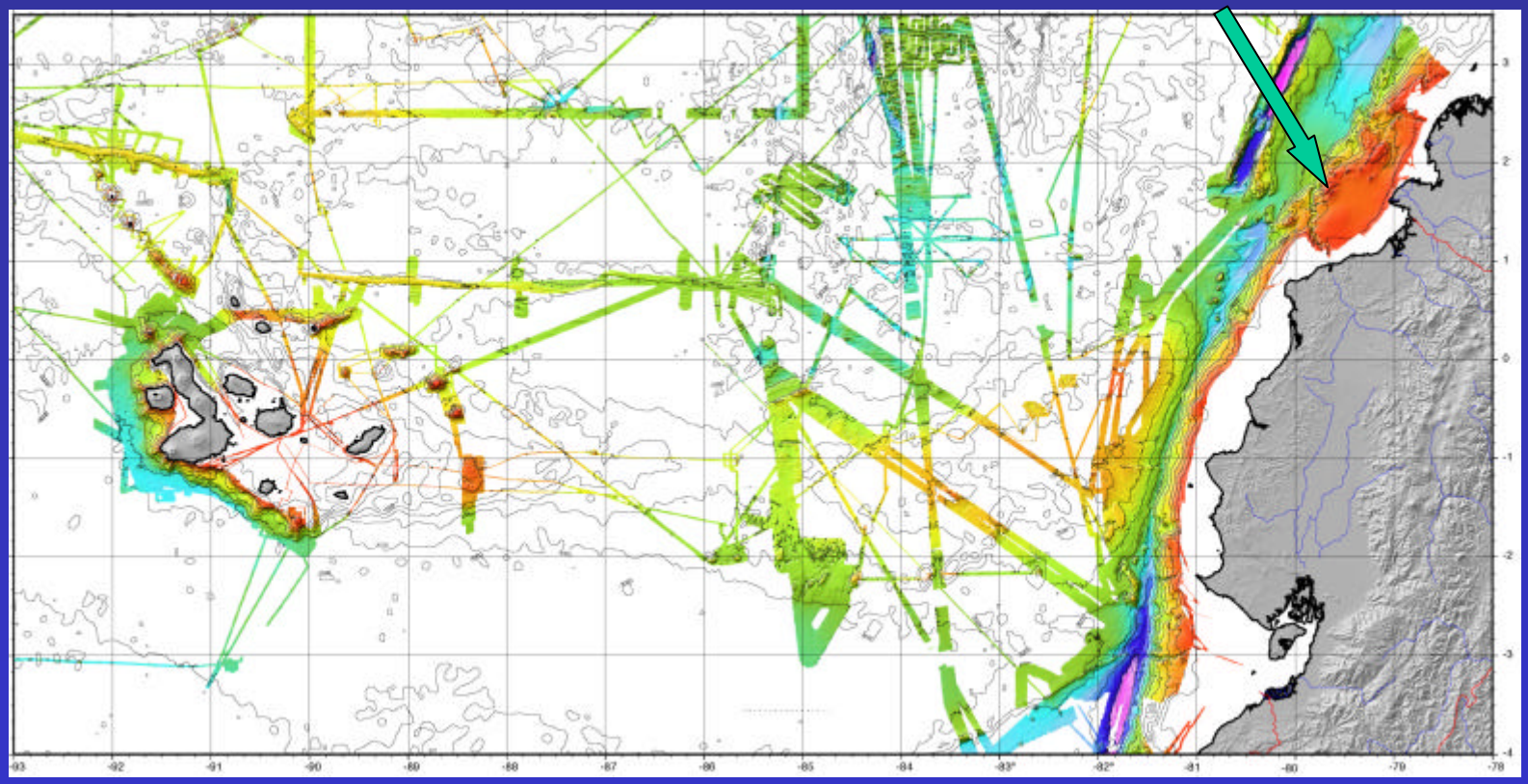
« 3Dview » de la batimetria del Ecuador continental y insular



Recomendaciónes y perpectivas

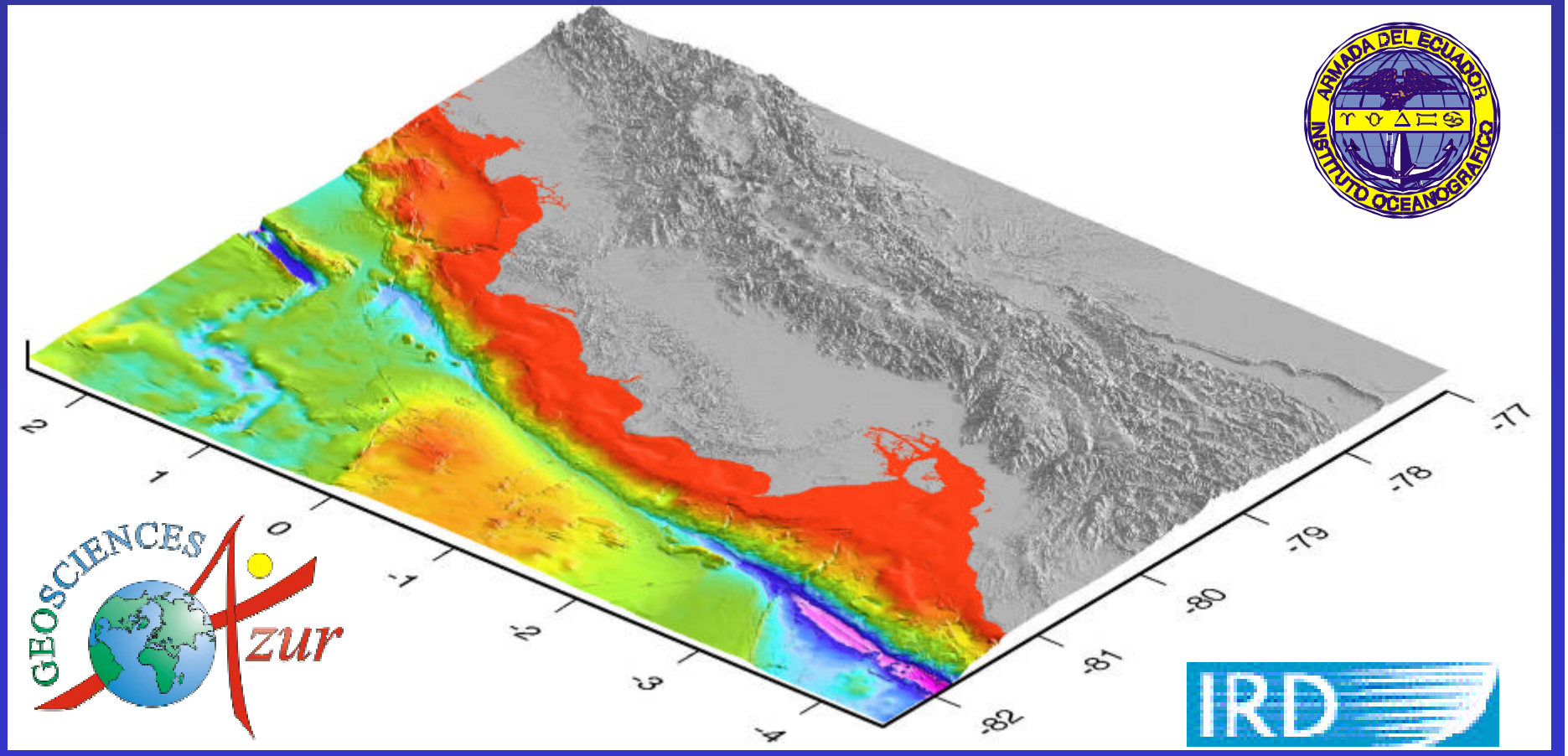
1) Existe deficiencia de datos multihaz y en particular en la plata-forma y en la cordillera de Carnegie

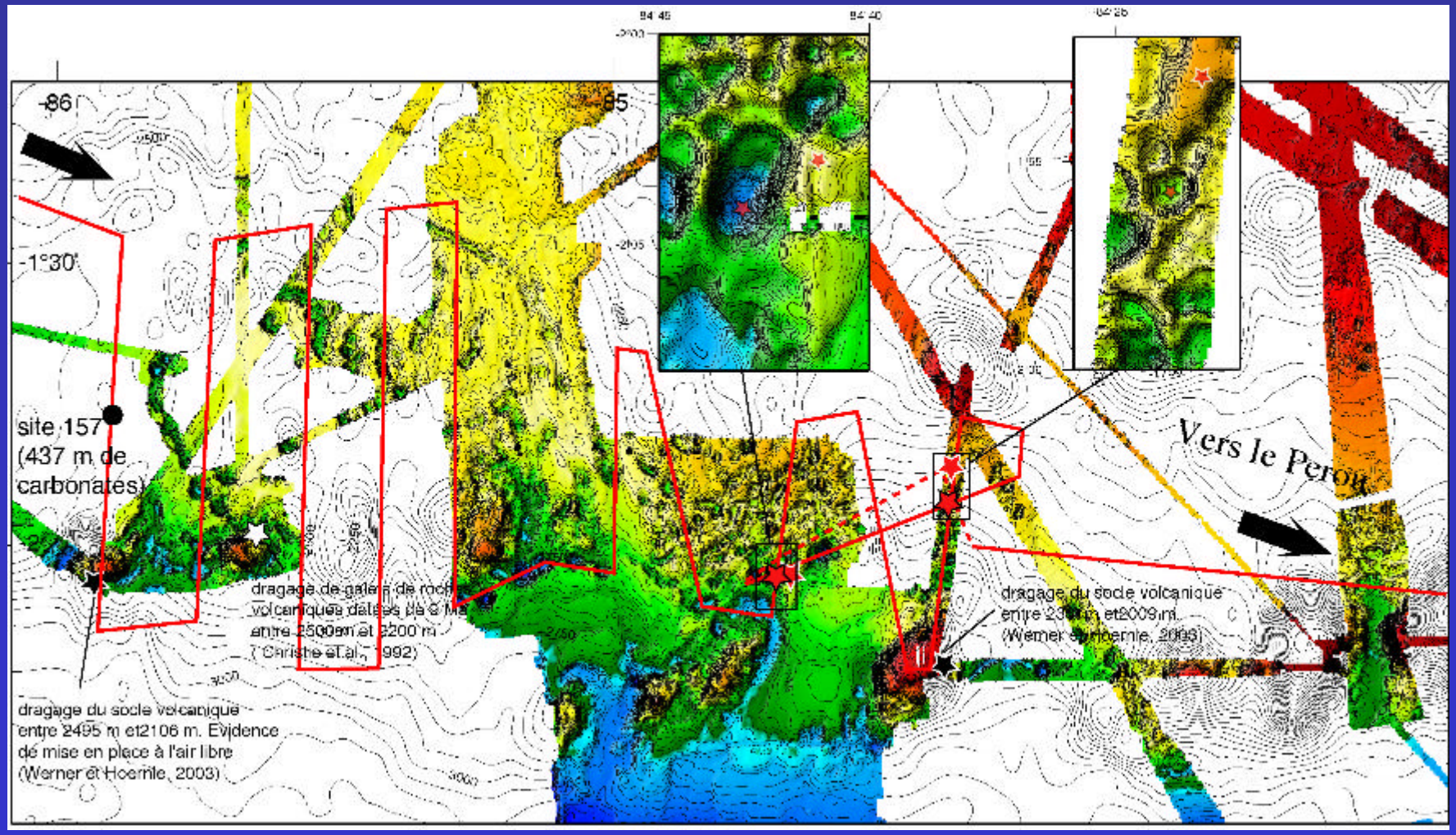
AMADEUS 2005 = 3 semanas de adquisicion



2) Con la experiencia adquirida en esta integración de datos esperamos seguir participando en misiones de adquisición de nuevos datos a traves de convenios de cooperación cientifica

Muchas gracias





Proyecto de campana DEDIKAS a lo largo del flanco Sur de la cordillera de Carnegie.

Caracteristicas de adquisición

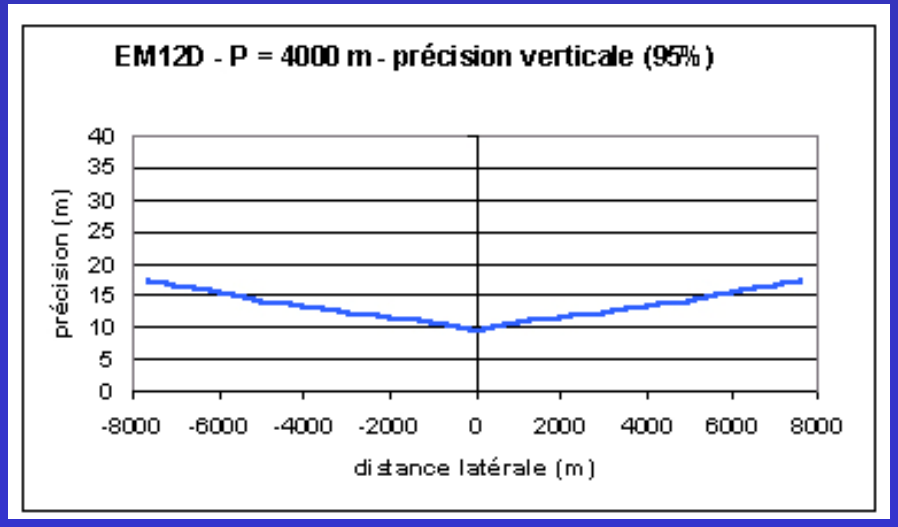
- **Alcance :** profundidad limite a la cual el sistema es incapaz de producir medidas confiables

- **Resolución :** tamaño minimo detectable por el sistema

- **Precisión :** rango de error en la medida de profundidad

précision bathymétrique

- **Précision du sondeur = qualité d'estimation de la profondeur**
- **La précision globale dépend :**
  - de la précision du sondeur : précision des mesures d'angles (θ) et de distance (R),
  - de la précision des capteurs ou mesures auxiliaires : système de positionnement, centrale d'attitude, mesure de marée, de célérité …
- **Ordre de grandeur : 0.5% P**

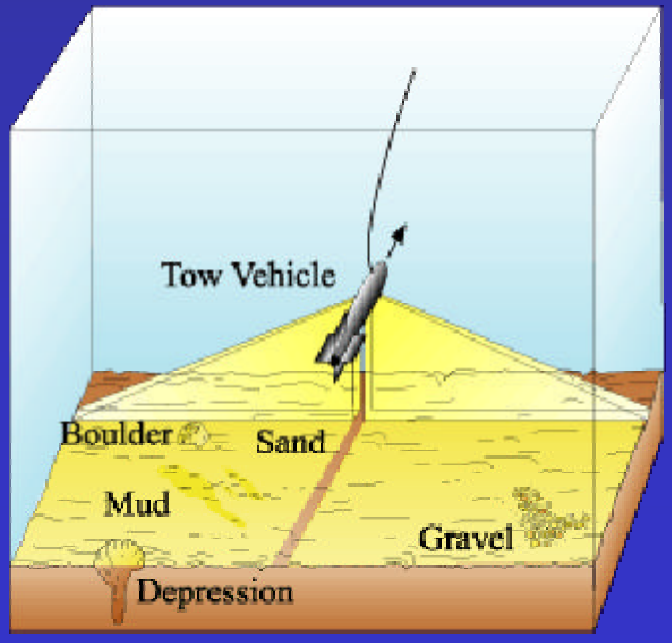


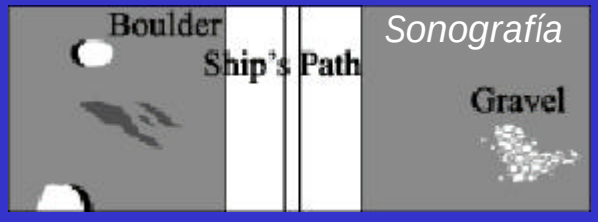
Sondeur	**Seafalcon 11**	**EM12 Dual**	**EM120**	**EM300**	**EM1002S**	**Seabat 8150**	**Seabat 8111**
Constructeur	Thales	Simrad	Simrad	Simrad	Simrad	Reson	Reson
Navires	*Marion Dufresne* (IPEV)	*L'Atalante* (Ifremer)	*Beautemps Beaupré* (Shom/Ifremer)	*Le Suroît* (Ifremer)	*Lapérouse, Laplace, Borda* (Shom) *Beautemps Beaupré* (Shom/Ifremer)	*Pourquoi pas ?* (Ifremer/Shom) (2005)	*Pourquoi pas ?* (Ifremer/Shom) (2005)
mesures	Bathy / imagerie / sédiments	Bathy / imagerie / sédiments	Bathy / imagerie	Bathy / imagerie	Bathy / imagerie	Bathy / imagerie	Bathy /imagerie
directivité	1,4 x1,5°	1,8 x 3,5°	1 x 1°	1 x 2°	2,3 x 2,3°	12 kHz : 1 x 1° 24 kHz : 0,5 x 0,5°	1,5 x 1,5°
Antennes	Tx: Plane horizontale Rx : plane en U	Planes (en V – i=40°)	Planes horizontales	Planes horizontales	Circulaire	Planes horizontales	TX : linéaire RX : circulaire
Dimensions des antennes	Tx : 6 m Rx : 5,5 m	Tx : 4,8 m Rx : 2,4 m	Tx : 7,5 m Rx : 7,5 m	Tx : 1,5 m Rx : 3 m	Tx/Rx : →= 0,9 m (160°)	Tx : 7,8 m Rx : 7,8 m	Tx : 0,6 m Rx : →= 0,6 m (210°)
Plage de profondeur	50 – 12000 m	100-12000 m	20 – 11000 m	20-4000 m	5 – 500 m	100 – 12000 m	5 - 1000 m
Signaux	CW / FM	CW	CW	CW	CW	CW/FM	CW
Fréquence	12 kHz	13 kHz	12 kHz	30 kHz	95 kHz	12 / 24 kHz	100 kHz
Ouverture angulaire	140°	150°	140°	140°	150°	140°	150°
Durée d'impulsion	3,75 / 15 ms (CW) 135 ms (FM)	2 / 10 ms	2 / 5 / 15 ms	0,7 / 2 / 5 / 15 ms	0,2 ms	0,3 à 20 ms (CW) 200 ms(FM)	0,02 à 3 ms
Canaux de réception	90	2 x 42	128	64	128	288	144
Nombre de faisceaux	5x550	162	191	135	111	4 x 500	400
Répartition des faisceaux	équidistante	équidistante / équiangulaire	équidistante/ équiangulaire / mixte	équidistante/ équiangulaire / mixte	équidistante/ équiangulaire / mixte	Equidistante / équiangulaire	Equidistante / équiangulaire
Cadence d'échantillonnage	150 / 600 Hz	312,5 / 1250 Hz	200 à 1500 Hz	600 à 4300 Hz	9 kHz	200 à 4700 Hz	10 kHz
Stabilisation	Roulis, tangage	Roulis, tangage	Roulis, tangage, lacet	Roulis, tangage, lacet	Roulis, tangage	Roulis, tangage	Tangage
Détection bathy	Ampl/DAM	Ampl/phase	Ampl/phase	Ampl/phase	Ampl/phase	Ampl/phase	Ampl/phase

SÓNAR LATERAL

• Estimación de la morfología y la textura del fondo a partir de su reflectividad

> *retrodifusión acústica*





Características

• Sistema de arrastre (somero/profundo)

• Emisión pulsos (2x40°), registro lateral

• Rango frecuencias emisión

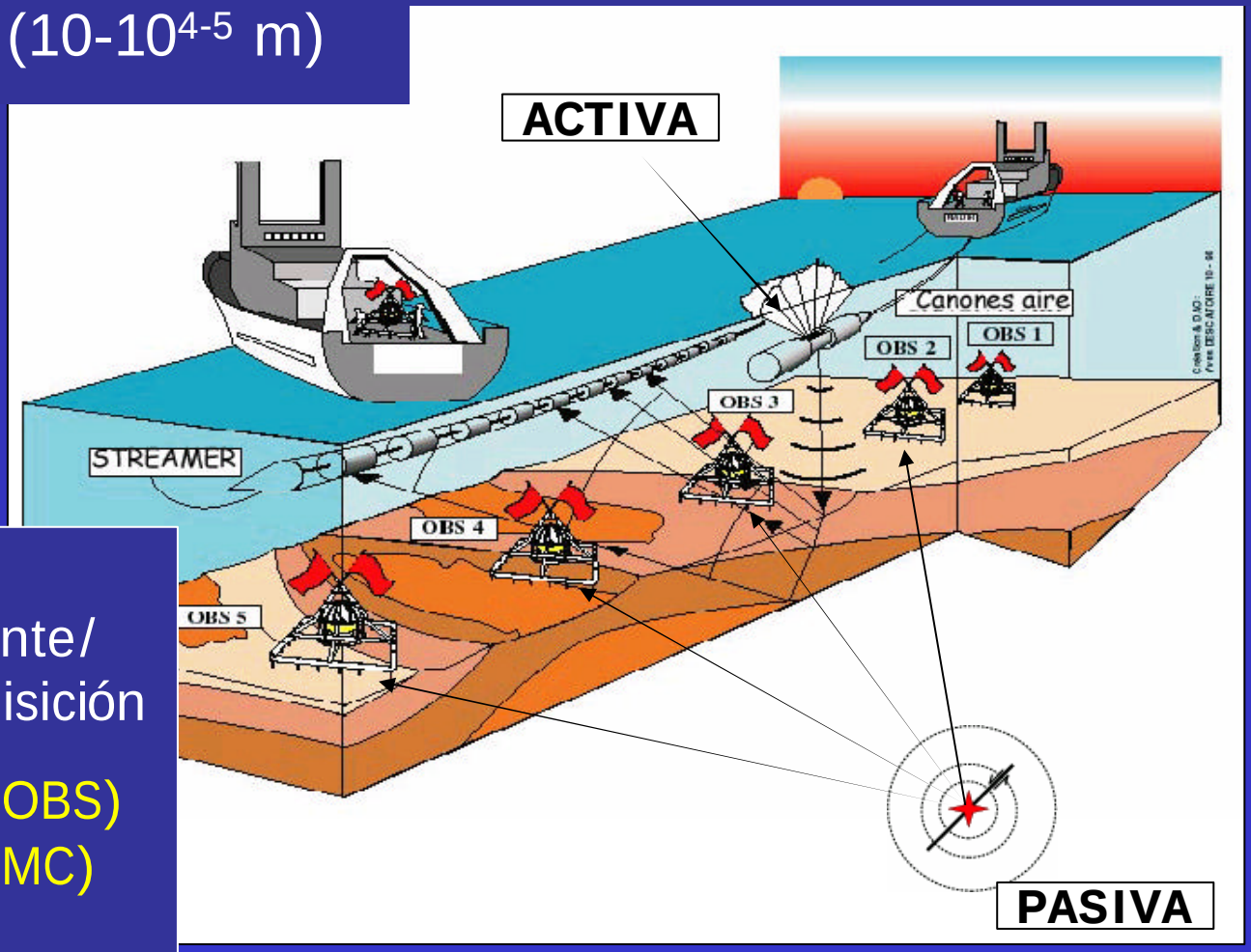
> Sistemas someros (Klein, Simrad...) 100-500 kHz, ancho banda < 1 km

> Sistemas profundos (Gloria, SAR...) 6.5 kHz (~50x500 m) > 200 kHz (1x10 m)

• Cobertura diaria (10 km^2 > 10^3 km^2)

MÉTODOS SÍSMICOS

- Determinar la estructura y las propiedades físicas del subsuelo
- Todas las escalas (10-$10^{4\text{-}5}$ m)



- Se clasifican según:
la nauraleza de la fuente/
el dispositivo de adquisición

> Sísmica refracción (OBS)
> Sísmica reflexión (SMC)
> Sismilogía pasiva