

# MÉTODOS DIRECTOS DE EVALUACIÓN DE RECURSOS PESQUEROS



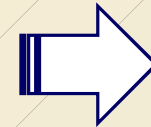
**José Luis Pérez Gil**  
Instituto Español de Oceanografía  
Centro Oceanográfico de Málaga

### DATOS DE LAS FLOTAS COMERCIALES

- ” Capturas/desembarcos
- ” Composición por tallas de las capturas
- ” Esfuerzo de pesca

### INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA

- ” Crecimiento individual
- ” Mortalidad natural
- ” Madurez/fecundidad
- ” Selectividad de los artes de pesca



### MÉTODOS INDIRECTOS DE EVALUACIÓN DE STOCKS

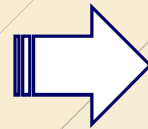
- ” Modelos GLOBALES
- ” Modelos ANALÍTICOS
- ” APV (población virtual)

ESTOS SON LOS ÚNICOS MÉTODOS DISPONIBLES  
ACTUALMENTE QUE PERMITEN **EVALUAR EL  
ESTADO DE EXPLOTACIÓN** DE LOS RECURSOS

La captura por unidad de esfuerzo (cpue) se utiliza frecuentemente como un índice de abundancia de la población. Pero...

**¿ES LA CPUE REPRESENTATIVA DE LA ABUNDANCIA?**

- “ Información sesgada (p.e. capturas no declaradas de individuos de talla ilegal)
- “ Información incompleta (p.e. de las capturas y el esfuerzo de pesca para algunas flotas)
- “ Deficiente información sobre los descartes
- “ Cambios en la capturabilidad



Las estimaciones de abundancia obtenidas de las flotas comerciales **necesitan ser contrastadas** con estimaciones independientes de los datos de la pesquería.



**PROSPECCIONES (Surveys)**  
Datos tomados directamente de la población en el mar

Pero... no olvidemos que los datos de la pesca comercial **son imprescindibles** para evaluar el estado de explotación de los recursos.

## Tipos de prospecciones:

1. Estimar el rendimiento potencial anual de un recurso (RESOURCE APPRAISAL SURVEYS). Prospección científica. Stocks vírgenes. Barcos de investigación.
2. Estimar tasas de captura con vistas a la explotación comercial de un recurso (PROSPECTING SURVEYS). Prospección comercial. Stocks vírgenes o poco explotados. Buques comerciales.
3. Seguimiento de los cambios y tendencias en la abundancia y distribución de los recursos a lo largo de un periodo de años. (MONITORING SURVEYS). Prospección científica, con barcos de investigación y de interés para la evaluación de stocks explotados (stock assessment).

# Monitoring surveys

## OBJETIVO GENERAL:

Contribuir a evaluar el efecto de la pesca sobre los stocks explotados, proporcionando **información cuantitativa** sobre las **fluctuaciones de su abundancia** relativa y su estructura demográfica (talla y edad).

# Monitoring surveys

## VENTAJAS:

- Están **libres de las fuentes de sesgo** inherentes a las estadísticas comerciales.
- Al no haber descartes, proporcionan **información más completa** sobre la composición por especies y rangos de tallas de las capturas.
- Pueden aportar información sobre la **influencia de factores ambientales** en la distribución y abundancia de peces.
- Pueden proporcionar una variedad de importantes **datos biológicos** (áreas y épocas de puesta, edad y madurez, contenidos estomacales, otolitos y escamas para estudios de crecimiento, etc.). //



# Monitoring surveys

## CONDICIONES NECESARIAS:

- ” Deben realizarse regularmente cada año.
- ” En la misma época.
- ” Con el mismo barco.
- ” Con un arte de pesca muestreador y una metodología estandarizada.

- **RECURSOS DEMERSALES:** Pescas de arrastre. Estimación de abundancias mediante el método del área barrida.
- **RECURSOS PELÁGICOS:** Rastreos acústicos y pescas identificativas con arte de arrastre pelágico. Método de producción diaria de huevos (MPDH).

# PROSPECCIÓN DE RECURSOS DEMERSALES

## Método del área barrida

### UTILIZAMOS UN ARTE DE ARRASTRE DE FONDO PARA EL MUESTREO PORQUE:

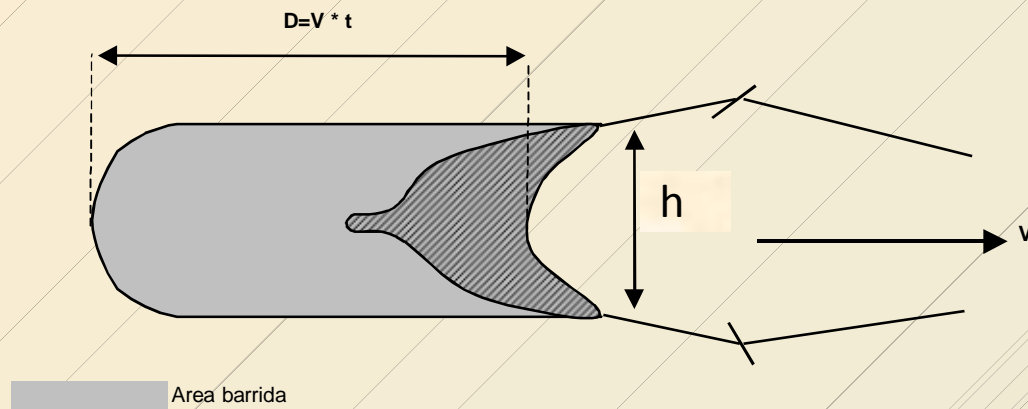
- ✓ Con una malla pequeña en el copo es capaz de **capturar la mayoría de las especies** bentónicas, sin seleccionar por formas o tamaños.
- ✓ Al ser móvil y de maniobra rápida, permite una **mayor intensidad de muestreo**.
- ✓ Puede conocerse el **área sobre el que actúa** (área barrida) y, por tanto, estimar densidades. //



En cada operación de arrastre la red barre un sector cuya superficie es igual al producto de la longitud recorrida por el ancho de la red:

$$a = D * h$$

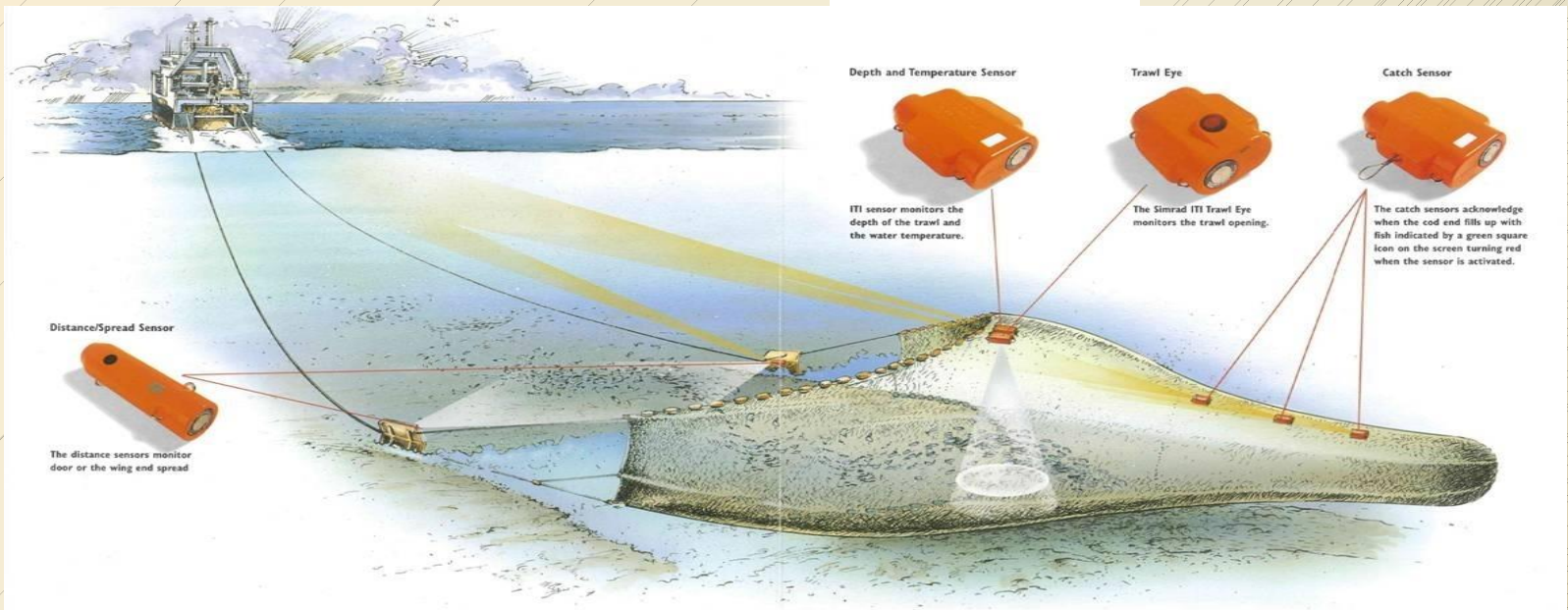
$c/a$  = captura por unidad de área (en  $mn^2$  o  $km^2$ )



$a$  = área barrida por la red  
 $D$  = distancia recorrida  
 $V$  = velocidad de desplazamiento  
 $t$  = tiempo de duración del arrastre  
 $h$  = abertura horizontal de la red  
 $c$  = captura en peso ó número

El área barrida se puede conocer con gran precisión mediante sensores instalados en la red.

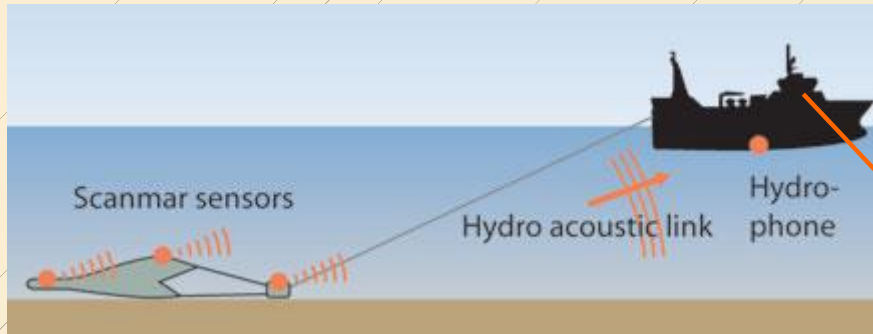
# Sistema SCANMAR de monitorización de red







# Sistema SCANMAR de monitorización de red

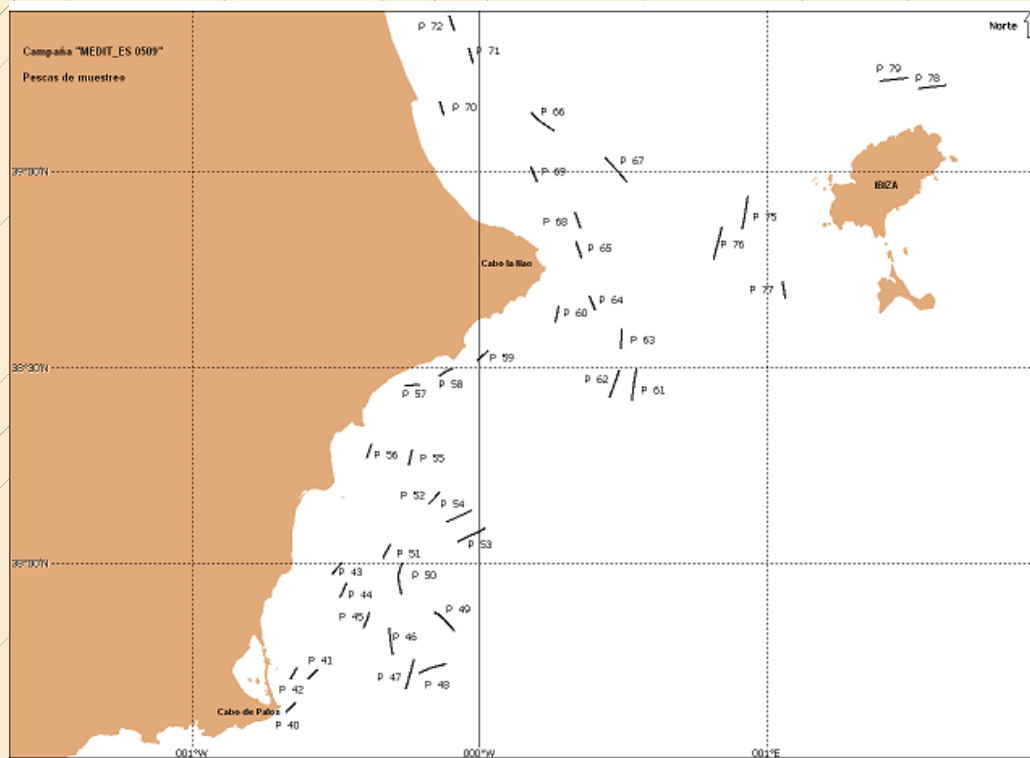


## Información de los sensores:

- “ Longitud de cable y tiro en tm.
- “ Abertura vertical de la red
- “ Abertura horizontal de la red
- “ Distancia entre puertas
- “ Simetría de la red
- “ .... y más



# ¿Como estimamos la abundancia relativa?



$$\overline{cpua} = \frac{1}{n} \sum \frac{c_i}{a_i}$$

$$\overline{cpua} * A = B \quad (???)$$

$$\overline{cpua} * A = q * B$$

$$\overline{cpua} = \frac{q}{A} * B$$

$c_i$ ;  $a_i$  = captura y área del lance  $i$

$\overline{cpua}$  = captura por unidad de área media

$A$  = área total

$B$  = Biomasa total

$q$  = capturabilidad

La cpua media es un **ÍNDICE** de la biomasa presente en ese momento.

## Fuentes de error en las estimaciones de abundancia

- Error sistemático (origina **SESGO**).

Depende tanto de la **eficiencia del arte muestreador** como de variaciones de la **capturabilidad**. No podemos conocer la magnitud del sesgo ni eliminarlo, pero no es importante, siempre y cuando se mantenga constante. Es necesario analizar las posibles causas de sesgo para ver si varían con el tiempo.

- Error en el muestreo (afecta a la **PRECISIÓN**).

Podemos disminuir la varianza de las estimaciones **aumentando el número de muestras** y mediante un **diseño de muestreo apropiado**.



## Aumentando la precisión: ¿CUANTAS MUESTRAS DEBEMOS TOMAR?

EL NÚMERO DE MUESTRAS DEPENDERÁ DE LA PRECISIÓN  
QUE QUERAMOS EN LA ESTIMACIÓN DE LA MEDIA

Con un 95% de probabilidad la media poblacional estará aproximadamente en el intervalo:

$$\bar{x} \pm 2 * \frac{S}{\sqrt{n}}$$

si fijamos un porcentaje de error “p”, entonces:

$$2 * \frac{S}{\sqrt{n}} = \frac{p}{100} \bar{x}$$

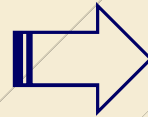
y el número de muestras necesarias será:

$$n = \left( \frac{200 * S}{p * \bar{x}} \right)^2$$

## Un ejemplo:

Capturas en 18 operaciones de pesca (Gulland, 1975)

|     |      |     |
|-----|------|-----|
| 200 | 900  | 340 |
| 440 | 1020 | 400 |
| 600 | 1600 | 720 |
| 640 | 1920 | 40  |
| 700 | 20   | 100 |
| 800 | 10   | 160 |



|            |           |
|------------|-----------|
| Media      | 589.44    |
| Varianza   | 282805.56 |
| Desv. Est. | 531.79    |

Para un intervalo de confianza del 95%, el número de lances necesarios para obtener una estimación de la media con una precisión del:

|     |       |
|-----|-------|
| 10% | 326   |
| 5%  | 1302  |
| 1%  | 32558 |

$$n = \left( \frac{200 * S}{p * \bar{x}} \right)^2$$

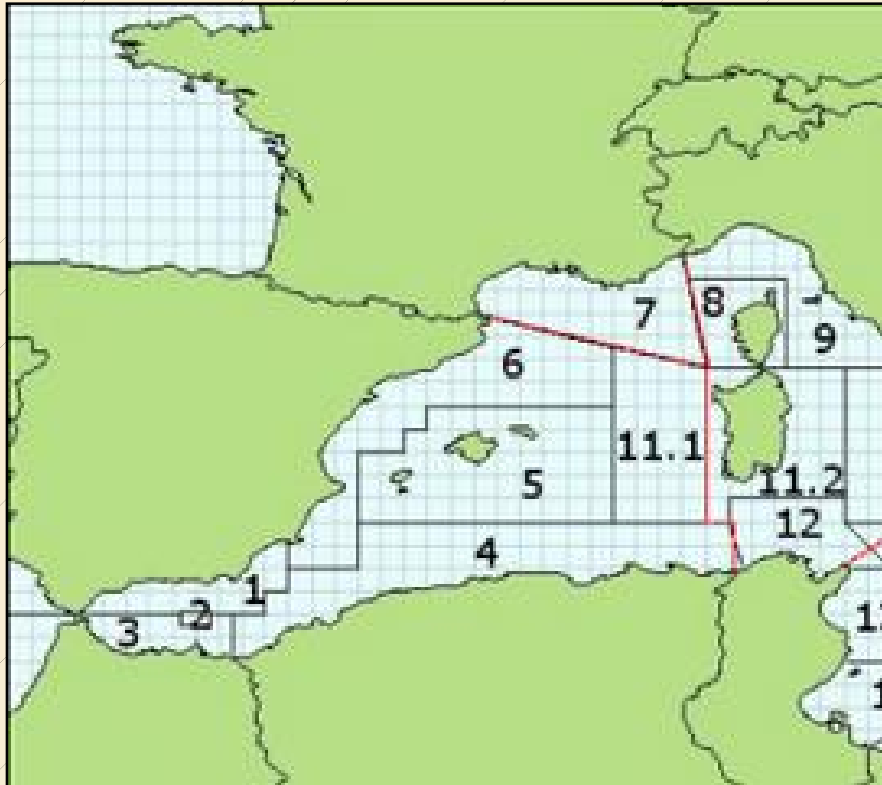
## Aumentando la precisión: MUESTREO ALEATORIO ESTRATIFICADO

1. La distribución de la mayoría de especies está condicionada por la **profundidad y el tipo de fondo**.
2. Los estratos se establecen siguiendo un **criterio batimétrico**.
3. El área se divide en sub-áreas (ESTRATOS) cuya varianza individual debe ser **menor** que la varianza del área total. A su vez, los estratos deber ser tan **diferentes entre sí** como sea posible. //

## Aumentando la precisión: MUESTREO ALEATORIO ESTRATIFICADO

4. Cada estrato debe ser muestreado por separado. **TODOS** los estratos deben ser muestreados.
5. Dentro de cada estrato el muestreo es **ALEATORIO**. Las muestras de cada estrato se asignan en función tanto de su extensión como de su variabilidad (alocación óptima). //

# Ejemplo de estratificación: Campañas MEDITS España



## Tres zonas geográficas:

1. Alborán
5. Balearic Islands (E & W)
6. Northern Spain (N & S)

## Cinco estratos de profundidad:

| Estrato | Profundidad (m) |
|---------|-----------------|
| a       | 10-50           |
| b       | 50-100          |
| c       | 100-200         |
| d       | 200-500         |
| e       | 500-800         |

# Estimación de medias y varianzas en el muestreo aleatorio estratificado

|                | Estrato   | Área  |
|----------------|---|---|
| Media          | $\bar{y}_h = \frac{1}{n_h} \sum y_{hi}$                 | $\bar{Y}_{st} = \frac{1}{A} \sum A_h * \bar{y}_h$                     |
| Varianza       | $S_h^2 = \frac{1}{n_h - 1} \sum (y_{hi} - \bar{y}_h)^2$ | $S^2_{(\bar{Y}_{st})} = \frac{1}{A^2} \sum \frac{A_h^2 * S_h^2}{n_h}$ |
| Error estándar | $s.e = \frac{\sqrt{S_h^2}}{\sqrt{n}}$                   | $SE = \frac{\sqrt{S^2_{(\bar{Y}_{st})}}}{\sqrt{n}}$                   |

A = área total

$A_h$  = área del estrato h



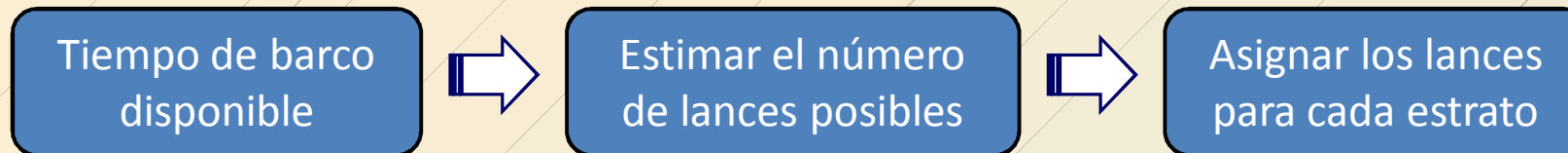
# Planificación de una campaña:

1. Objetivos.
2. Metodología.
  - 2.1 Área de estudio.
  - 2.2 Estrategia de muestreo.
  - 2.3 Muestreador (protocolo de utilización).
  - 2.4 Datos a recolectar (protocolo de muestreo).
3. Personal participante.
4. Material y equipos necesarios.
5. Fechas (tiempo disponible).

## Objetivos:

- ✓ El objetivo principal de la campaña debe estar **claramente definido**.
- ✓ Si se plantean varios objetivos, y estos implican diferentes requerimientos de muestreo, deben **establecerse prioridades**.
- ✓ El diseño de la campaña se hará en función del **objetivo prioritario**. Determinados objetivos pueden ser incompatibles en una misma campaña.

# Metodología: estrategia de muestreo



**Campaña MEDITS 2011. Distribución de los lances previstos por estrato batimétrico.**

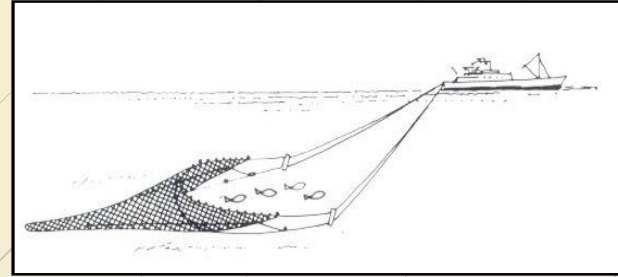
| Estrato | Profundidad (m) | Área (km <sup>2</sup> ) | Nº lances |
|---------|-----------------|-------------------------|-----------|
| a       | 10-50           | 3026                    | 8         |
| b       | 50-100          | 11314                   | 31        |
| c       | 100-200         | 6889                    | 19        |
| d       | 200-500         | 6719                    | 18        |
| e       | 500-800         | 4558                    | 12        |
| Total   | --              | 32506                   | 88        |

## La embarcación:



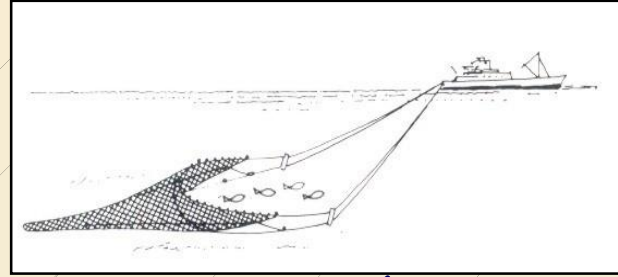
- Un mismo lance hecho con barcos diferentes produce resultados diferentes. Se debe elegir un barco que pueda **ser utilizado durante un período de tiempo lo más largo posible**. Cuando se utilicen barcos diferentes hay que realizar pruebas de calibración entre ellos.
- Debe estar equipada con los medios necesarios para obtener información sobre el área barrida por el arte muestreador (posicionamiento GPS y sistema de monitorización de red). //

## El arte muestreador:



- Normalmente no se utilizan artes de pesca comerciales. Suelen utilizarse **artes muestreadores especialmente diseñados** para ello, más manejables y que causan un menor impacto en las poblaciones y el medio.
- En caso de pesquerías multiespecíficas, **no debe ser un arte especializado** en la captura de alguna de ellas, sino que debe comportarse razonablemente bien para la captura de todas las especies.
- Deberá ser **menos selectivo** que un arte comercial, ya que debe muestrear una gama de tallas lo más amplia posible.

## El arte muestreador:



$$\overline{cpua} = \frac{q}{A} * B$$

La cpua media es un **ÍNDICE** de la biomasa, pero...

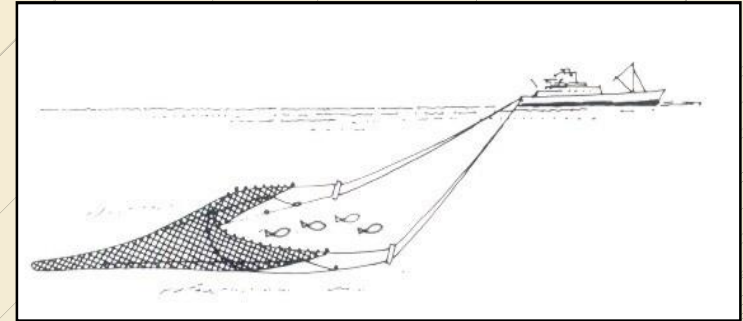
- Si " $q$ " **cambia** a lo largo de los años, la captura por unidad de área **dejará de ser un buen índice**.
- Uno de los elementos que produce cambios en " $q$ " es la mejora en la eficiencia de los artes de pesca. Por tanto, el arte de pesca utilizado como muestreador deberá ser **siempre idéntico** y será utilizado **según un protocolo definido**.



# El arte muestreador: protocolo MEDITS

## ➤ Duración del lance:

- hasta 200m de profundidad..... 30 min.
- más de 200m de profundidad... 60 min.

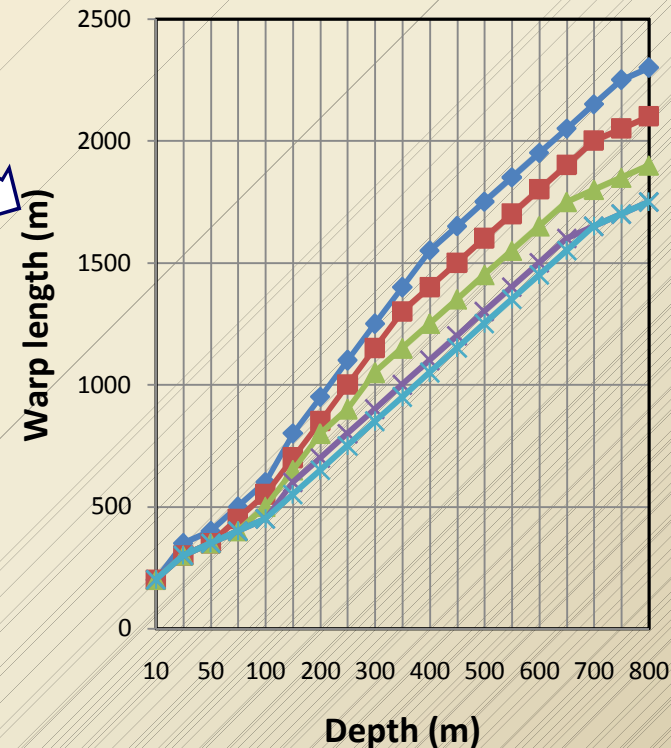


## ➤ Cable largado en función de la profundidad de la pesca.

## ➤ Longitud de las malletas:

- 100m (lances hasta 200m de profundidad).
- 150m (lances a más de 200m de profundidad).

## ➤ Puertas: tipo MORGÈRE WHS.



# Datos a recolectar:

CAPTURA DEL LANCE



PESO TOTAL Y NÚMERO  
DE EJEMPLARES DE  
CADA ESPECIE



Selección de especies para:

- " Composición por tallas
- " Muestras biológicas (talla y peso individual; sexo y madurez)
- " Extracción de partes duras (otolitos, ilicios,...)

Otros datos:

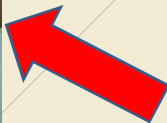
- " Posiciones de inicio y fin del lance
- " Abertura de la red
- "
- Temperatura/salinidad/profundidad  
(ConductivityTemperatureDepth)
- " Tipo de fondo



**BASE DE DATOS**



Triado



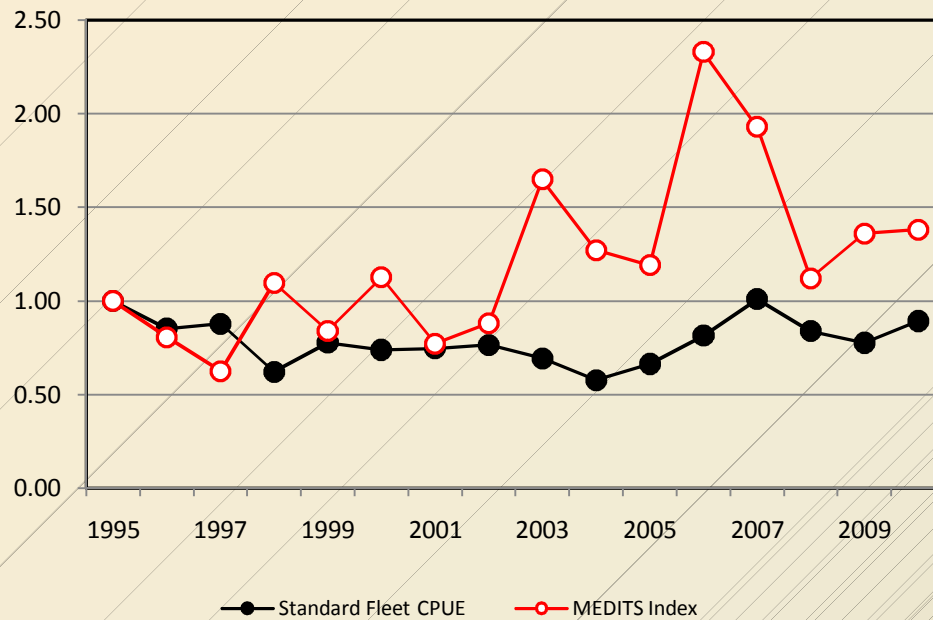
Base de datos

Muestreo

# Usos de la información que obtenemos de las campañas en el mar

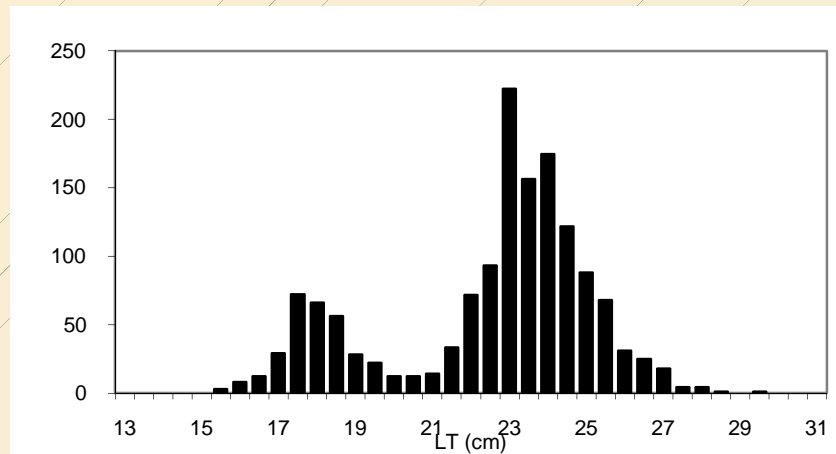
## 1.- Monitorización de la pesquería:

- índices anuales de abundancia del stock
- índices anuales de reclutamiento



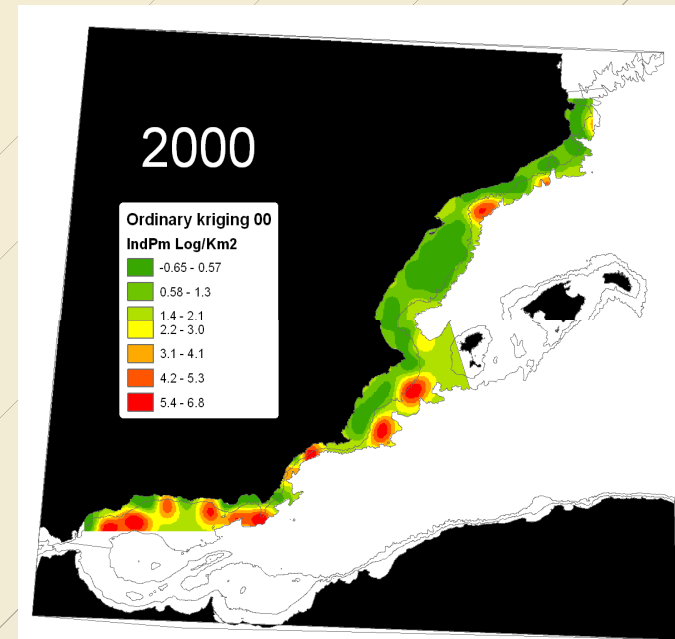
APV calibrado  
(Tunned VPA)

## 2. Estructura de tallas de la población



- “ Estimación de tasas de mortalidad total para determinadas edades.
- “ Indicadores ecológicos basados en las tallas.

## 3. Distribución espacial del recurso



- “ Relación con factores ambientales.
- “ Áreas de concentración de juveniles.
- “ Zonas o fondos a proteger.

## 4. Características de las comunidades

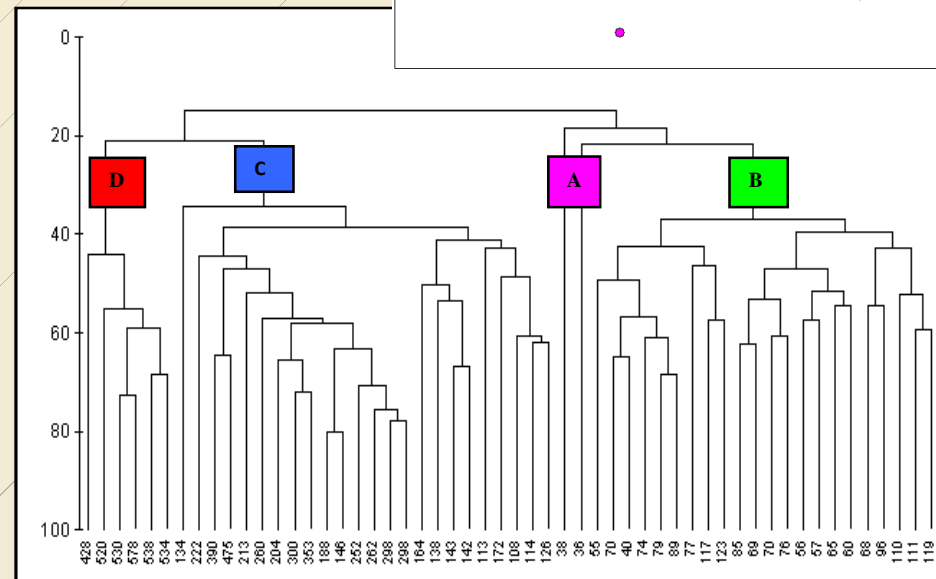
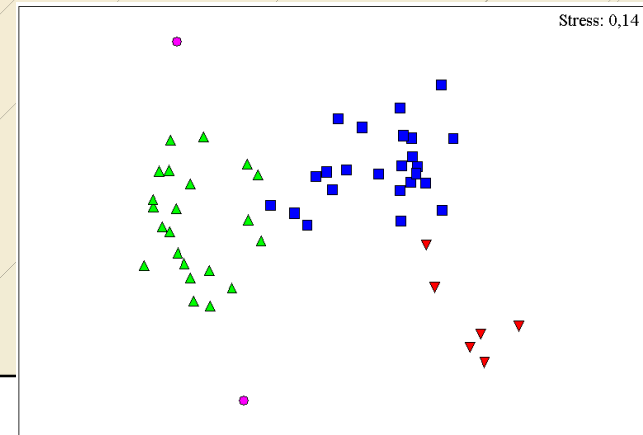
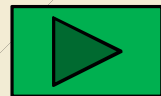
(Información relevante para el Ecosystem Approach to Fisheries)

“ Composición específica

“ Distribución espacial y batimétrica

“ Índices ecológicos

- Biomasa total
- Riqueza especies
- Diversidad
- Talla promedio
- etc.





## 5. Diagnostico del estado de explotación

### Software SURBA (Survey Based Assessment)

- Se utiliza alternativamente a los modelos de evaluación clásicos cuando la calidad de los **datos de captura por edad es deficiente**.
- Datos básicos: índices anuales de abundancia por clase de edad obtenidos de las prospecciones.

Estos datos tienen una **varianza mayor** que los datos de captura por clases de edad. Sin embargo, están bajo control directo, y por tanto **libres de sesgos** debidos a información incompleta o errónea de capturas.

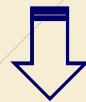
# RESOURCE APPRAISAL SURVEYS

## Estimación del RMS potencial anual

- Cuando no se dispone de series de tiempo de captura y esfuerzo.
- Estimación previa de la biomasa por el método del área barrida.

**Stocks no explotados**

(Gulland, 1971)



$$Y=0.5 * M * B_0$$

**Stocks poco explotados**

Cadima (in Troadec, 1977)



$$Y=0.5 * Z * B_1$$

M= coeficiente de mortalidad natural

Z = coeficiente de mortalidad total (F+M)

$B_0$  ;  $B_1$  = biomasa estimada del stock

# Bibliografía de interés:

1. Manual on groundfish surveys in the Northwest Atlantic.  
<http://archive.nafo.int/open/sc/1980/scs80-031.pdf>
2. Manual for the International bottom trawl survey in the Mediterranean (MEDITS)  
<http://archimer.ifremer.fr/doc/00002/11321/7850.pdf>
3. ICES. Manual for the International Bottom Trawl Surveys  
[http://datras.ices.dk/Documents/Manuals/Addendum\\_1\\_Manual\\_for\\_the\\_IBTS\\_Revision\\_VIII.pdf](http://datras.ices.dk/Documents/Manuals/Addendum_1_Manual_for_the_IBTS_Revision_VIII.pdf)
4. Fogarty, M. J. 1985. Statistical considerations in the design of trawl surveys. FAO Fisheries Circular nº 786.
5. Grosslein, M. D. & Laurec, A. 1982. Bottom trawl surveys design, operation and analysis. CECAF/ECAF Series 81/82.
6. Gulland, J. A. 1975. Manual of methods for fisheries resource surveys and appraisal. Part 5. Objectives and basic methods. *FAO Fish. Tech. Pap.*, 145. 29 pp.
7. Needle, C. L. Survey-based assessment with SURBA. ICES Working Group on Methods of Fish Stock Assessment, Copenhagen, 29 January to 5 February 2003.