



# Determinación de los impactos provocados por el dragado del Placer de Meca y la regeneración de la playa de El Palmar, T.M. de Vejer de la Frontera (Cádiz).

**Jorge Román Sierra**  
**Marina Navarro Pons**

*Universidad de Cádiz*  
*General Environmental Agency, SL*

**Juan José Muñoz Pérez**  
**Gregorio Gómez Pina**

*Demarcación de Costas*  
*Andalucía-Atlántico*

**Francisco**  
**González Alcón**

*Tecnoambiente, SL*

## **ÍNDICE:**

### **1. ANÁLISIS DE IMPACTO EN LA CALIDAD HIDROLÓGICA**

#### **1.1. Introducción.**

#### **1.2. Metodología.**

#### **1.3. Resultados**

1.3.1. In-situ con sonda multiparámetro.

1.3.2. En laboratorio.

#### **1.4. Conclusiones**

### **2. ANÁLISIS DE IMPACTO EN LA BIOTA MARINA Y SEDIMENTOS**

#### **2.1. Introducción.**

#### **2.2. Método de análisis.**

#### **2.3. Resultados.**

#### **2.4. Conclusiones.**

# 1. ANÁLISIS DE IMPACTO EN LA CALIDAD HIDROLÓGICA

## 1.1 Introducción:

### ✓ Antecedentes:

#### Demarcación de Costas Andalucía-Atlántico:

**Obra:** “REGENERACIÓN DE LA PLAYA DE EL PALMAR” (verano 2008)

**Termino municipal:** VEJER

**Importe total:** 2.753.800,00 €

**Adjudicatario:** Dravo, S.A.

**Plazo de ejecución:** 2 meses

**Descripción del proyecto:** La zona a regenerar es la comprendida en la playa desde la punta de Torre Nueva hasta la desembocadura del arroyo de Alzaza. La regeneración ha tenido lugar desde el inicio de las obras en el mes de julio de 2008 hasta el mes de agosto de 2008. Posteriormente al vertido se ha perfilado y rasanteado la playa.

#### **Datos técnicos de la obra:**

- Longitud: 2.200 m
- Ancho: 20 m a la cota de P.M.V.E. (+3,8 m)
- Volumen: 595.000 m<sup>3</sup>.
- Aportación lineal: 270 m<sup>3</sup>/ml
- Arena de aportación: D<sub>50</sub>=0,37 mm
- Procedencia: bajos arenosos del Placer de Meca, a 3 millas Náuticas, a -15 m.

# 1. ANÁLISIS DE IMPACTO EN LA CALIDAD HIDROLÓGICA

## 1.1 Introducción:

### ✓ Localización de la zona de estudio:



Contenido extra aportado por JJ

# 1. ANÁLISIS DE IMPACTO EN LA CALIDAD HIDROLÓGICA

## 1.1 Introducción:

### ✓ Realidad en el litoral de la provincia de Cádiz:

Escasez de yacimientos marinos de arenas.

### ✓ Soluciones:

- Redistribución de arenas.
- Canteras terrestres.
- Dragados en puertos, placeres, y otras acumulaciones de áridos.

### ✓ Posibles problemas asociados:

Alteraciones en la calidad de las aguas del entorno: Zona de dragado, vertido y pluma de sedimentos.

*¿Turbidez?    ¿Otros parámetros f-q?    ¿Biota marina?    ¿Sedimentos?*

## 1.1 Introducción:

### ✓ **Búsqueda bibliográfica:**

- Goodwin y Michaelis, 1984.
- Van der Veer, 1985.
- Avendaño y otros, 1997
- Lewis y otros, 2001.
- Hitchcock y Bell, 2004.
- Velasco, 2004.
- Aarninkhof y otros, 2008.
- Vidal y Van Oord, 2010.
- Sierra-Antiñolo, 2010.

### ✓ **Objetivo:**

**Determinación de posibles alteraciones en la calidad hidrológica, en la biota marina y en el sedimento, durante el “Dragado del placer de Meca para la regeneración de la playa de El Palmar”.**

## 2.2. Metodología:

- ✓ **Duración de los trabajos** (8 semanas junio-julio 2008) :
  - Preoperacional.
  - Operacional.
  - Seguimiento ambiental (1 año postoperacional).

- ✓ **Parámetros medidos:**
  - In situ: pH, T<sup>a</sup>, Pot. Red-ox, Conductividad, O.D, **Turbidez.**
  - En laboratorio: **Sólidos en Suspensión.**

- ✓ **Turbidez:** Falta de transparencia de un líquido, debido a la presencia de partículas en suspensión.

Unidades de medida: N.T.U. (Unidades de Turbidez Nefelométricas)



## 2.2. Metodología:

La unidad de **Turbidez** fue definida como: *"la obstrucción óptica de la luz, causada por una parte por millón de sílice en agua destilada"*.

1 Unidad Nefelométrica de Turbidez (NTU) = 7,5 ppm de SiO<sub>2</sub>

1 Unidad Nefelométrica de Turbidez (NTU) = 1 FTU (1 ppm de formazina estándar)

1 Unidad Nefelométrica de Turbidez (NTU) = 0,053 JTU (Unidades Jackson)

Unidad	JTU	NTU	SiO <sub>2</sub> (mg/l)
JTU	1,0	19	2,5
NTU	0,053	1	0,13
SiO <sub>2</sub> (mg/l)	0,4	7,5	1

### Valores de **Turbidez**:

- Agua de bebida (Directiva 98/83/EC): < 1 NTU

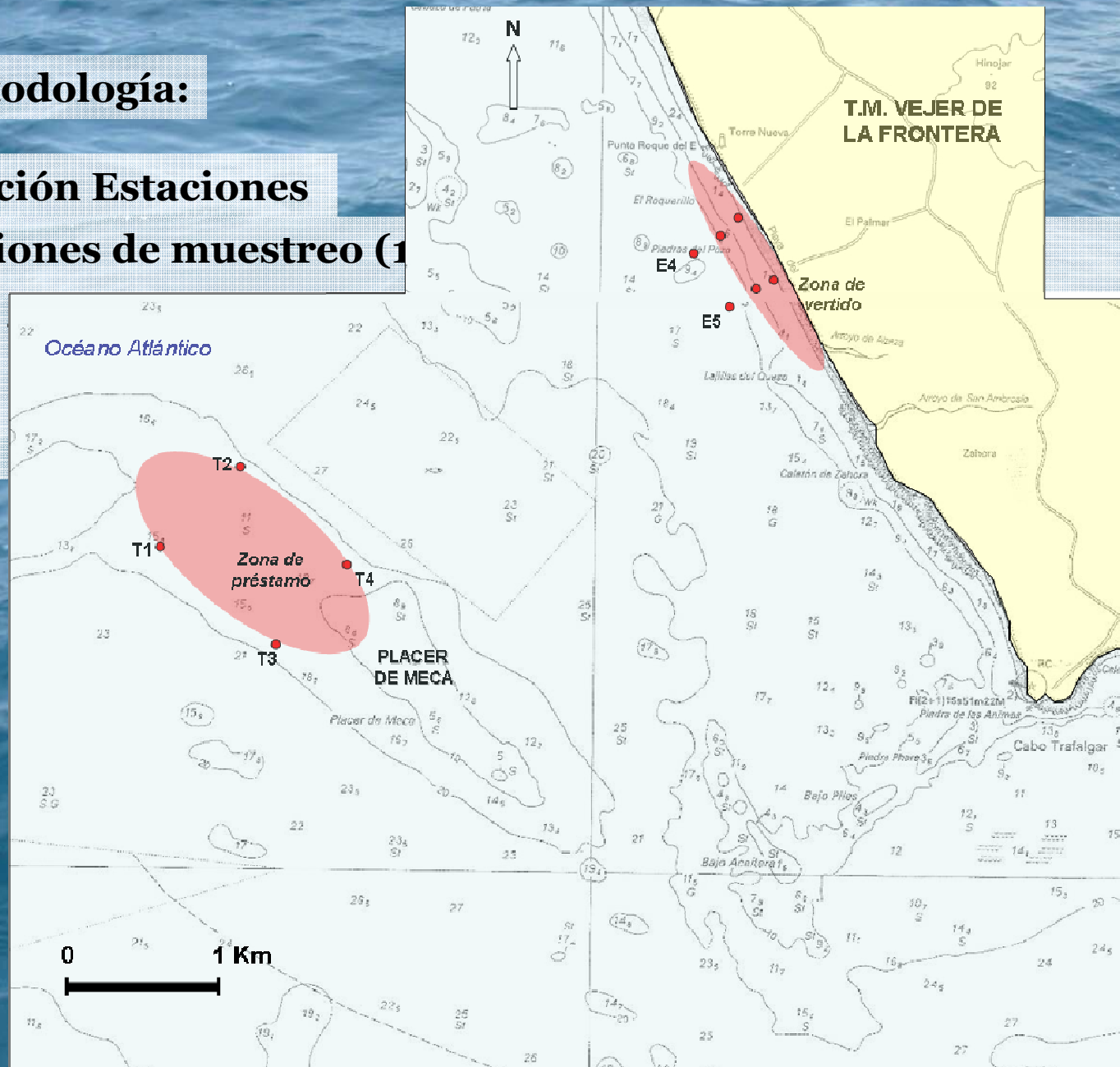
- Agua subterránea: ≈ 19 NTU

- Aguas fluviales: 20-400 NTU

## 2.2. Metodología:

### Localización Estaciones

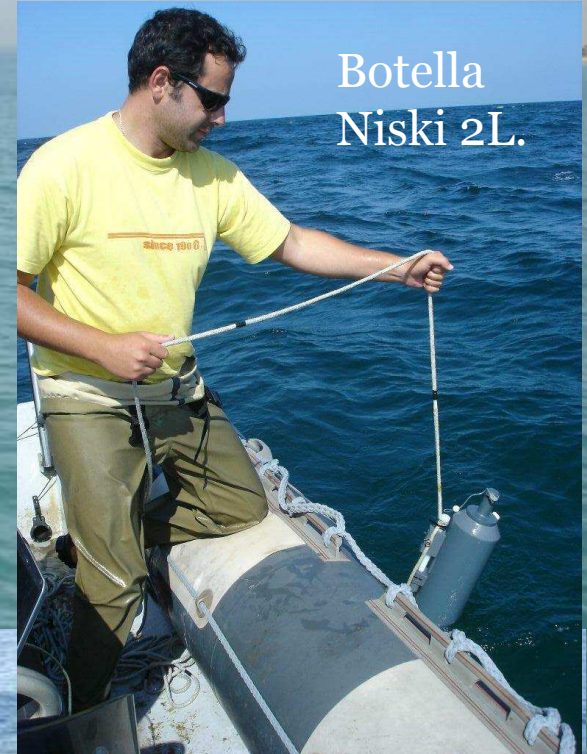
- ✓ Estaciones de muestreo (1)



Botella Ruttner 2L.



Botella Niski 2L.



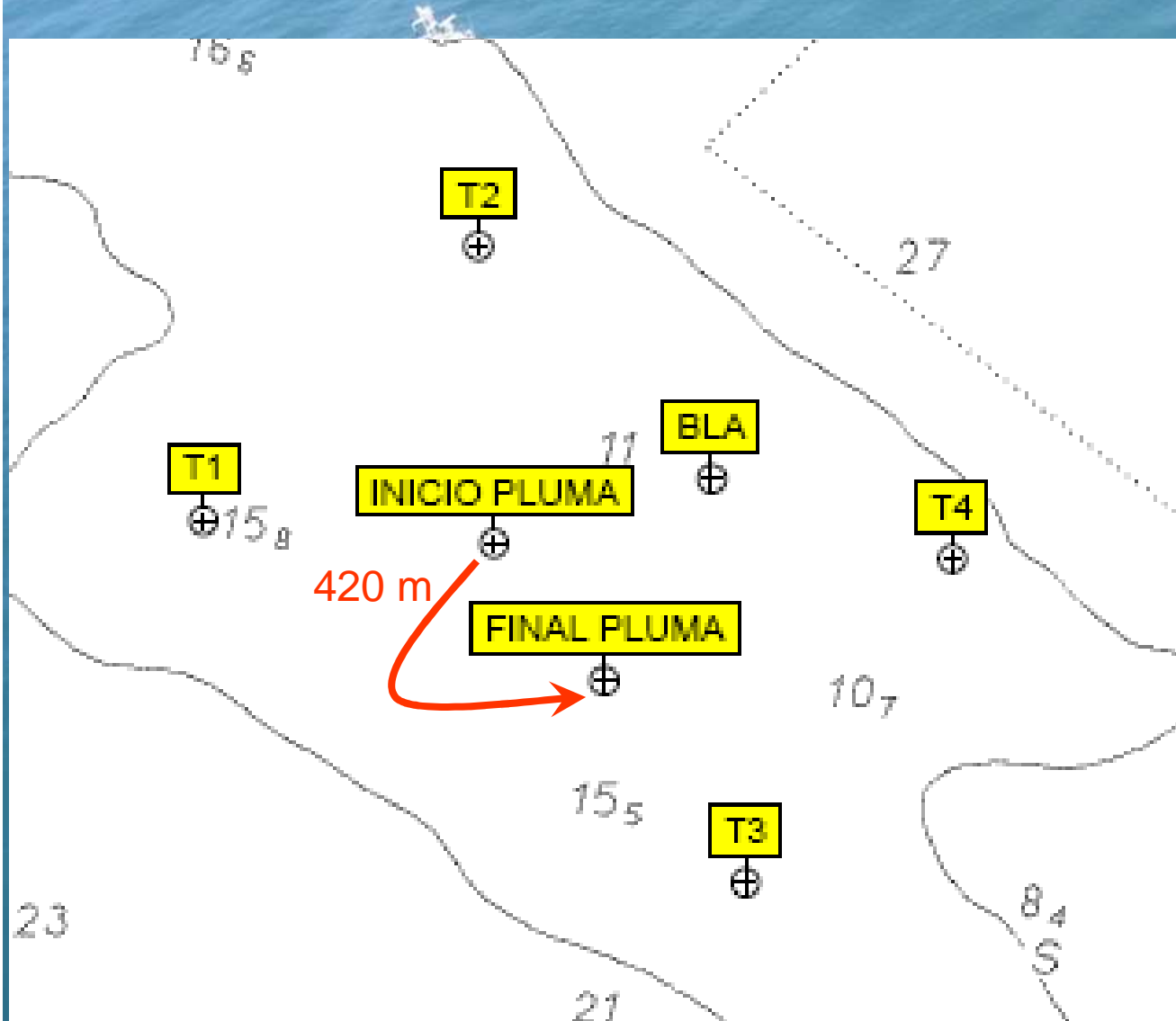
Posicionamiento



Sonda multiparamétrica



## 2.2. Metodología:



- ✓ **Draga HAM-311:**
- Draga de succión en marcha
- Peso muerto: 5.059 T.
- Velocidad: 11,5 nudos
- Cántara: 3.510 m<sup>3</sup>
- Profundidad máx. dragado: 30 m
- Bomba:
  - 1.500 kW carga
  - 2.800 kW descarga

## 2.2. Metodología:

✓ Control hidrológico durante las fases de:

- Dragado.

- Vertido.



Dragado



Vertido



Inicio dragado

**Estudio cualitativo de la pluma de  
sedimentos**



Pluma sedimentos creada durante el dragado



Fin dragado + 0 min





Fin dragado + 1 min



Fin dragado + 2 min



Fin dragado + 3 min



Fin dragado + 4 min



Fin dragado + 5 min



Fin dragado + 6 min



Fin dragado + 7 min



Fin dragado + 8 min





Fin dragado + 9 min



Fin dragado + 10 min



Evolución pluma sedimentos  
Resumen comparativo

Fin dragado +10 min.

Dragado



### 1.3. Resultados:

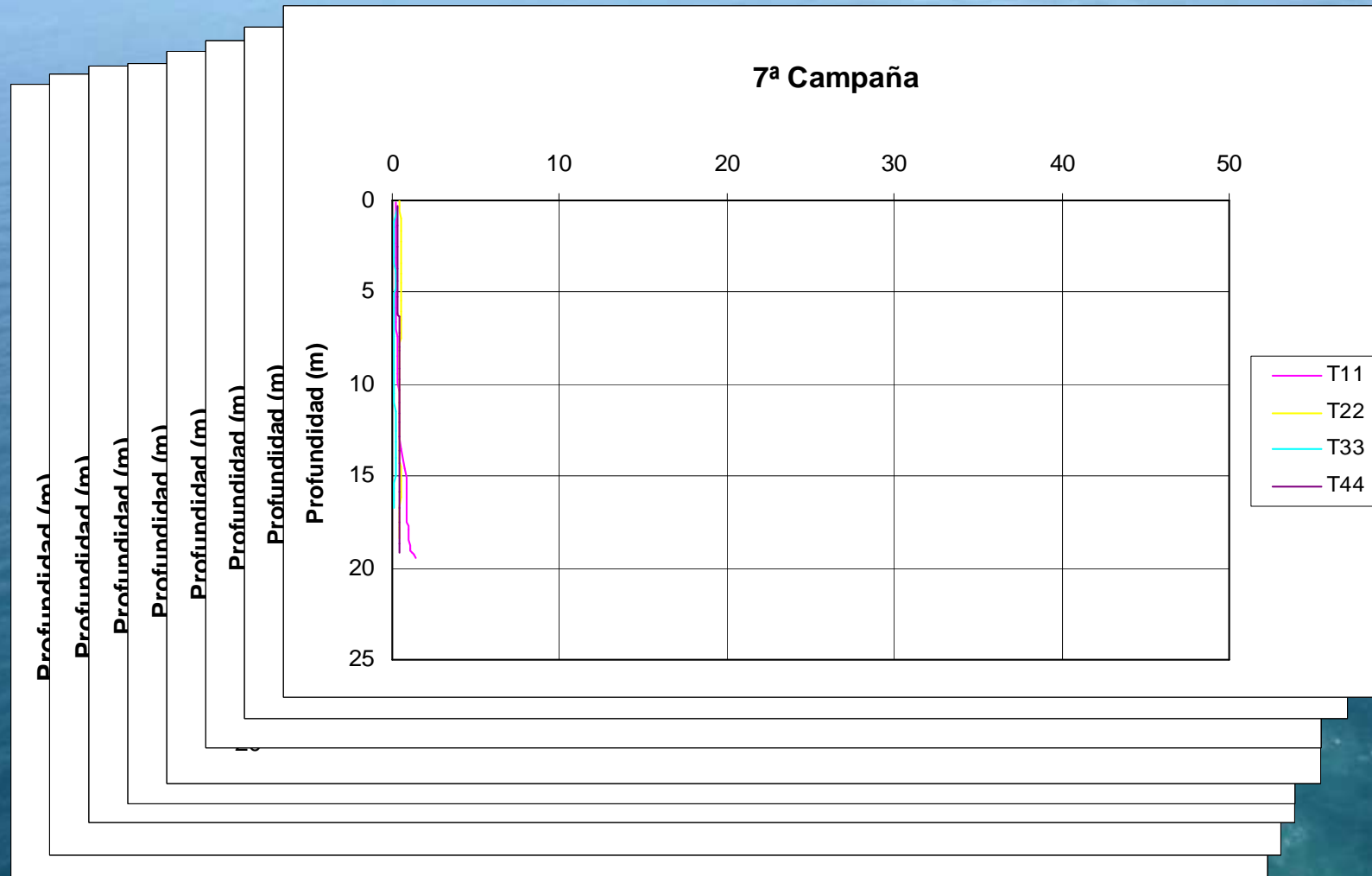
#### 1.3.1. In-situ con sonda multiparámetro (Hidrolab DS-5X):



### 1.3. Resultados:

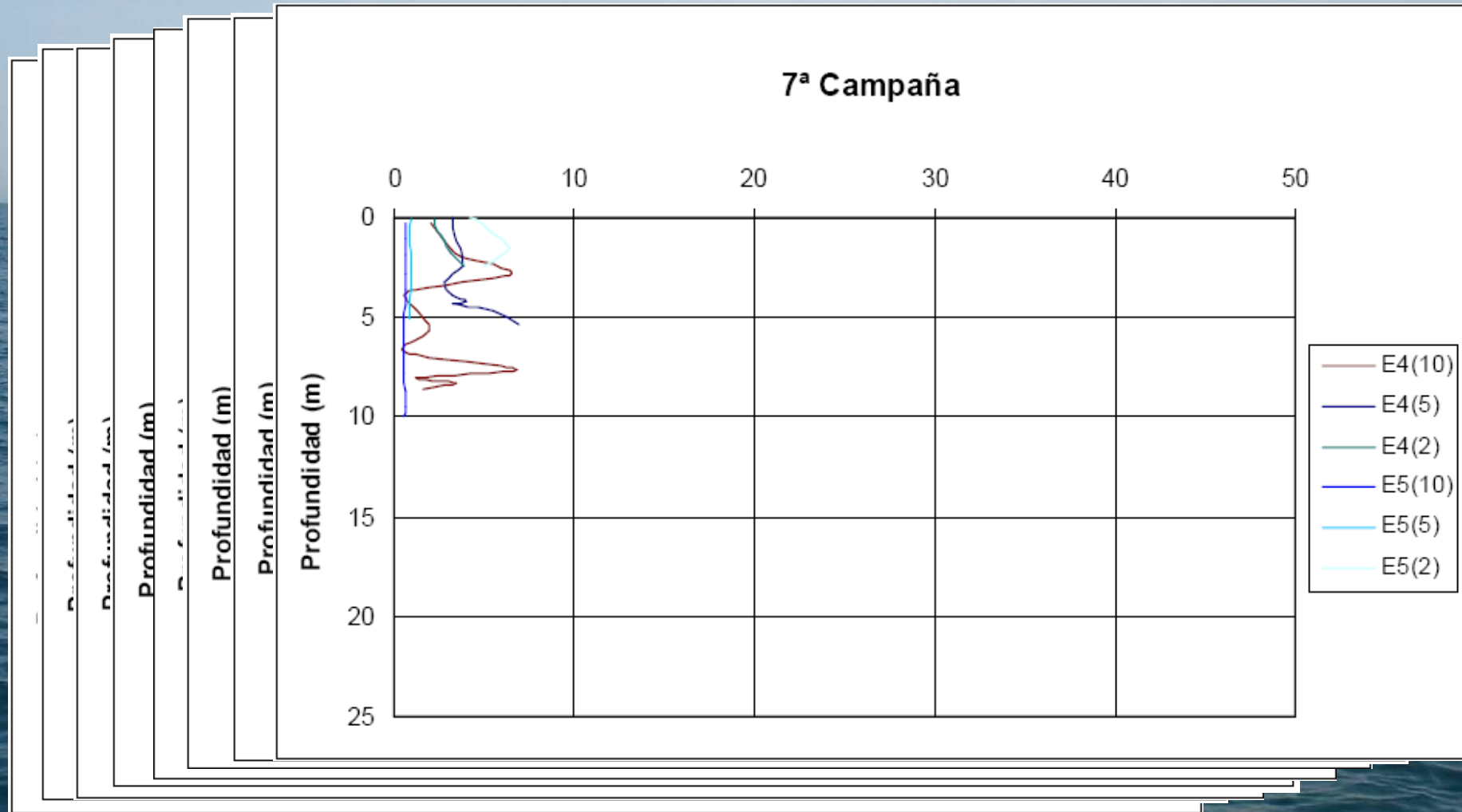
#### 1.3.1. In-situ con sonda multiparámetro (Hidrolab DS-5X):

Gráficos de Turbidez (N.T.U.) en la zona de dragado:



### 1.3. Resultados:

Gráficos de Turbidez (N.T.U.) en la zona de vertido:



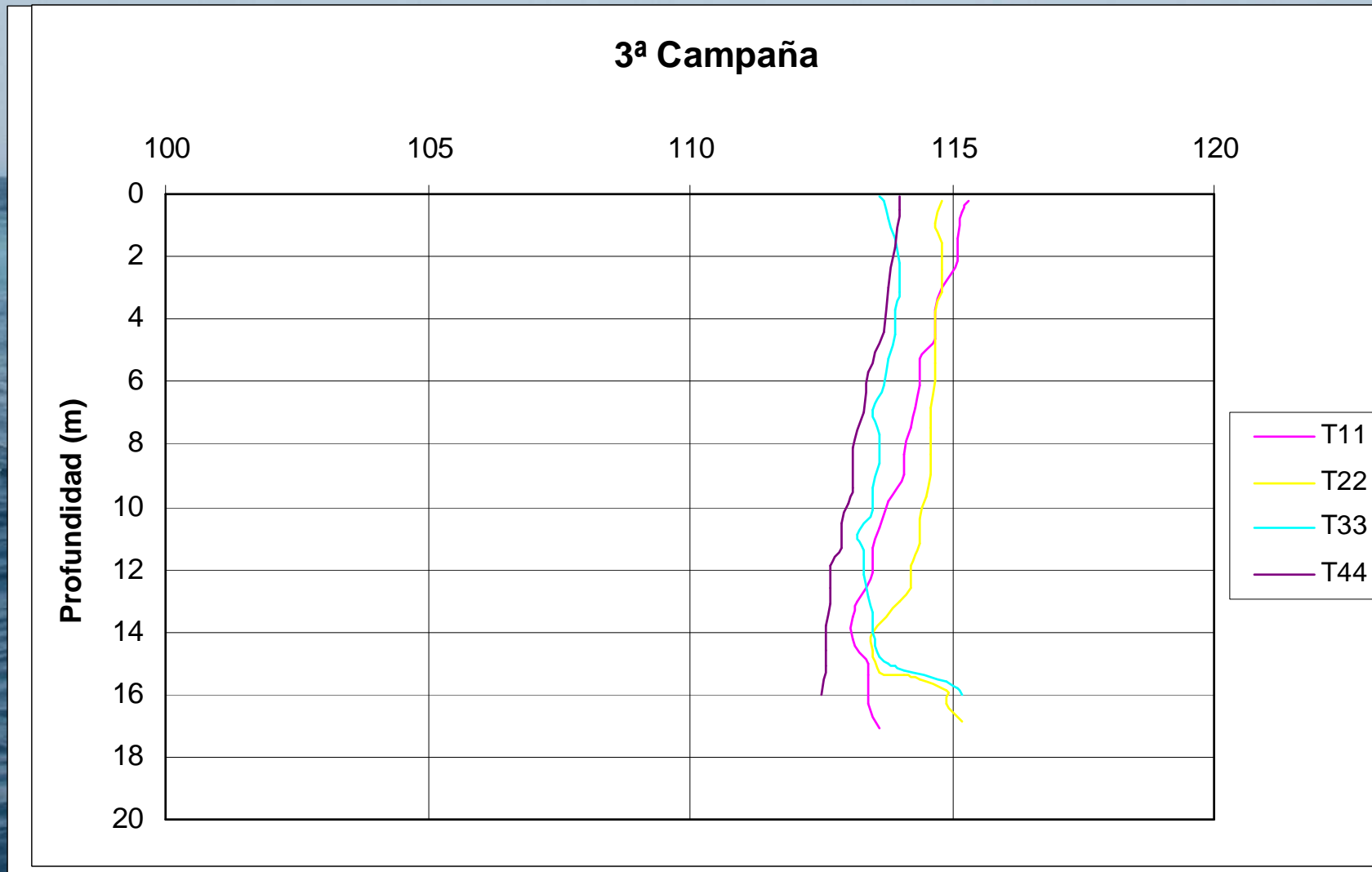
### 1.3. Resultados:

#### Datos meteorológicos y clima marítimo:

Horas	01h	04h	07h	10h	13h	16h	19h	22h
<b>Campaña Preoperacional (05/06/2009)</b>								
<i>Velocidad Viento (Km/h)</i>	25	31	32	28	22	23	23	18
<i>Dirección Viento</i>	NW	NW	NW	NW	W	W	W	W
<i>Altura Oleaje (m)</i>	1	1,2	1,4	1,3	0,9	0,9	0,9	1,1
<i>Dirección Oleaje</i>	W	W	NW	W	NW	W	W	W
<i>Período Oleaje (seg)</i>	4	3,9	3,9	3,8	3,6	3,4	3,3	4,1
<i>Velocidad corriente (cm/s)</i>	15	7	8	12	15	12	20	18
<i>Dirección corriente</i>	S	SE	SE	SE	SE	E	SE	SE
<b>3ª Campaña Operacional (25/06/2009)</b>								
<i>Velocidad Viento (Km/h)</i>	16	19	8	6	6	9	11	16
<i>Dirección Viento</i>	N	N	N	E	S	W	W	N
<i>Altura Oleaje (m)</i>	0,7	0,9	0,8	0,7	0,5	0,6	0,5	0,8
<i>Dirección Oleaje</i>	W	W	NW	NW	NW	W	SW	SE
<i>Período Oleaje (seg)</i>	3,8	3,7	3,8	4	3,8	3,6	4	5
<i>Velocidad corriente (cm/s)</i>	40	25	12	8	18	22	34	43
<i>Dirección corriente</i>	S	S	SW	NE	NE	E	E	SE

### 1.3. Resultados:

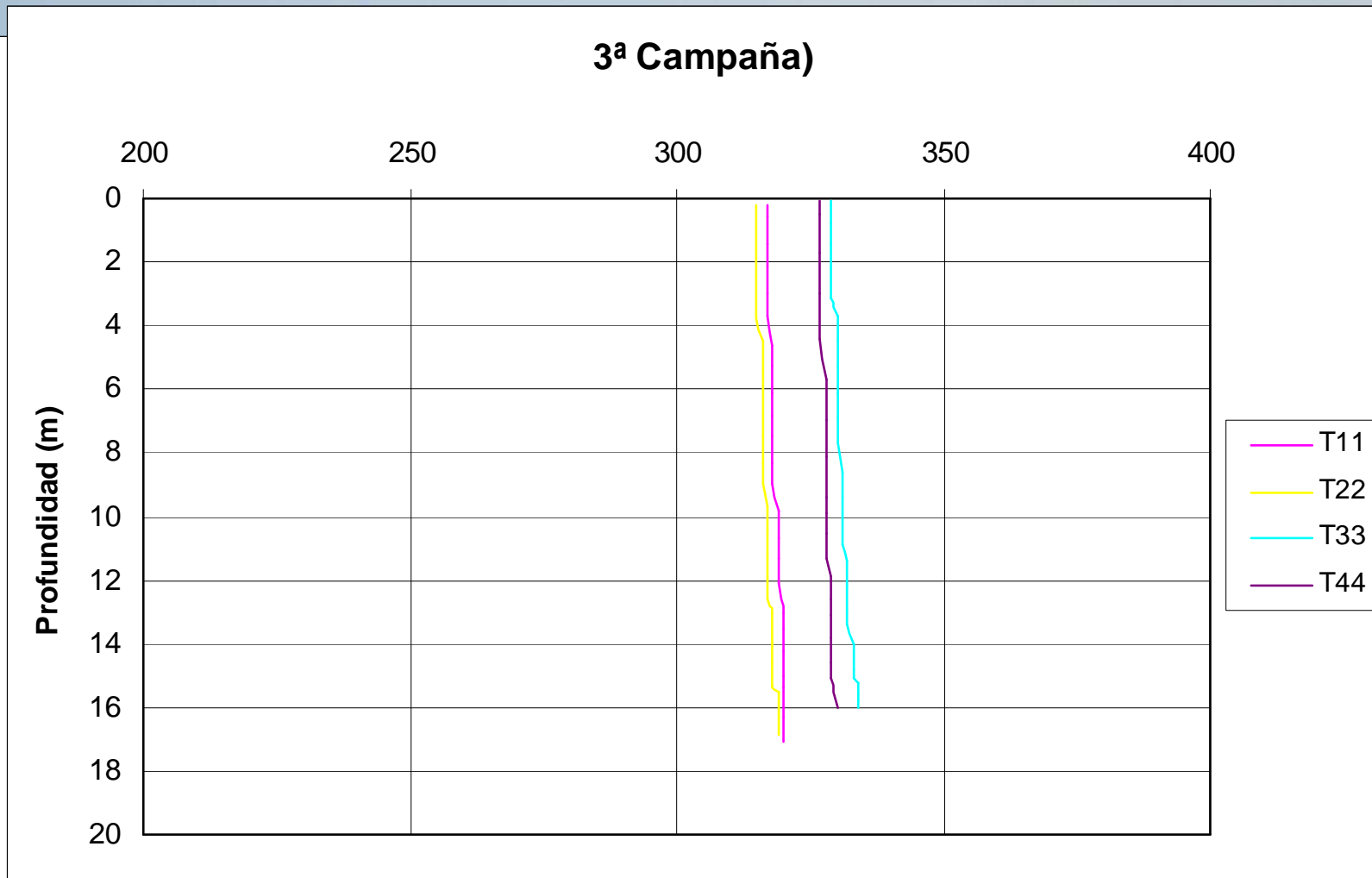
#### Oxígeno Disuelto (% de Saturación):





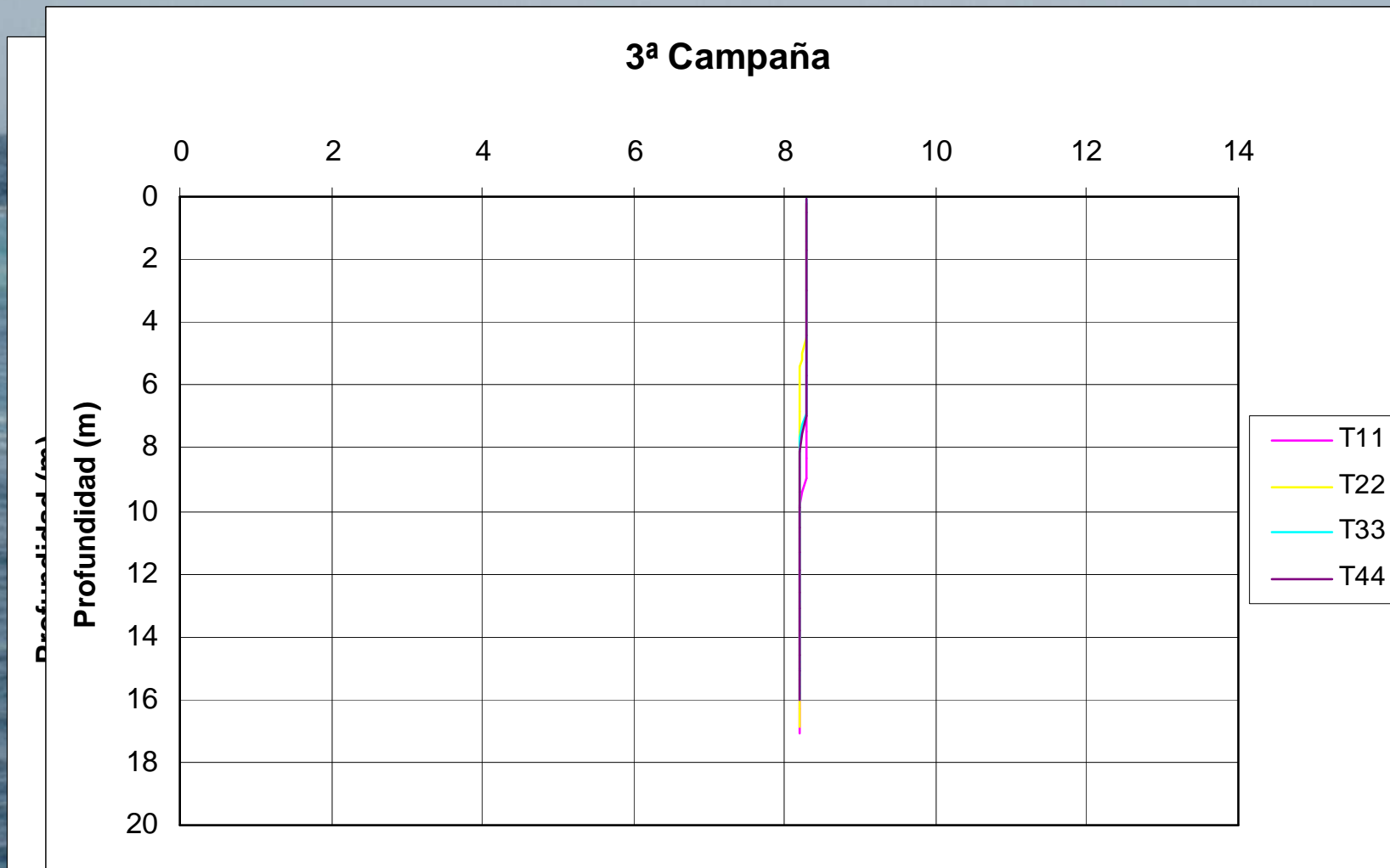
### 1.3. Resultados:

#### Potencial Redox (mV):



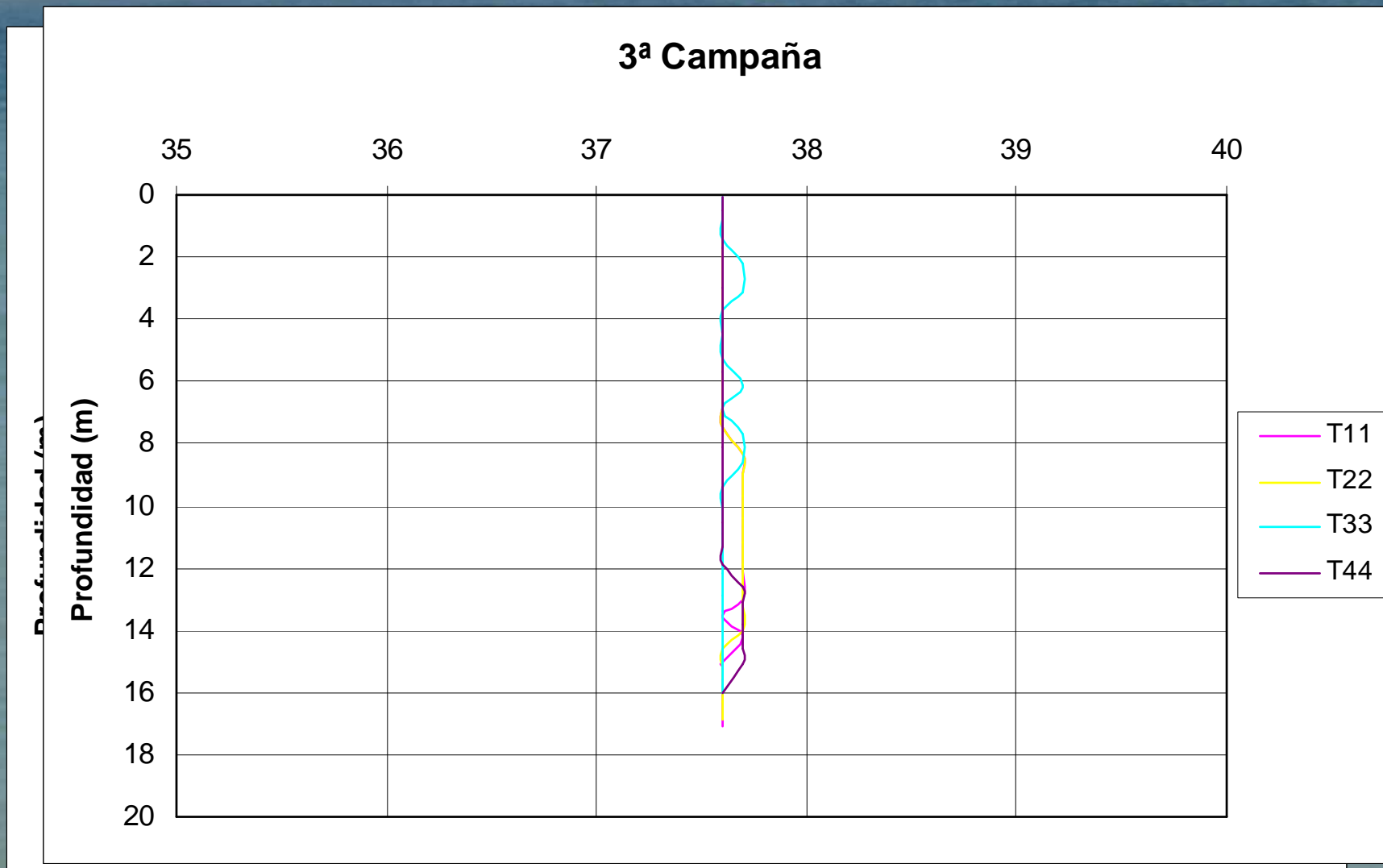
### 1.3. Resultados:

#### pH del agua de mar:



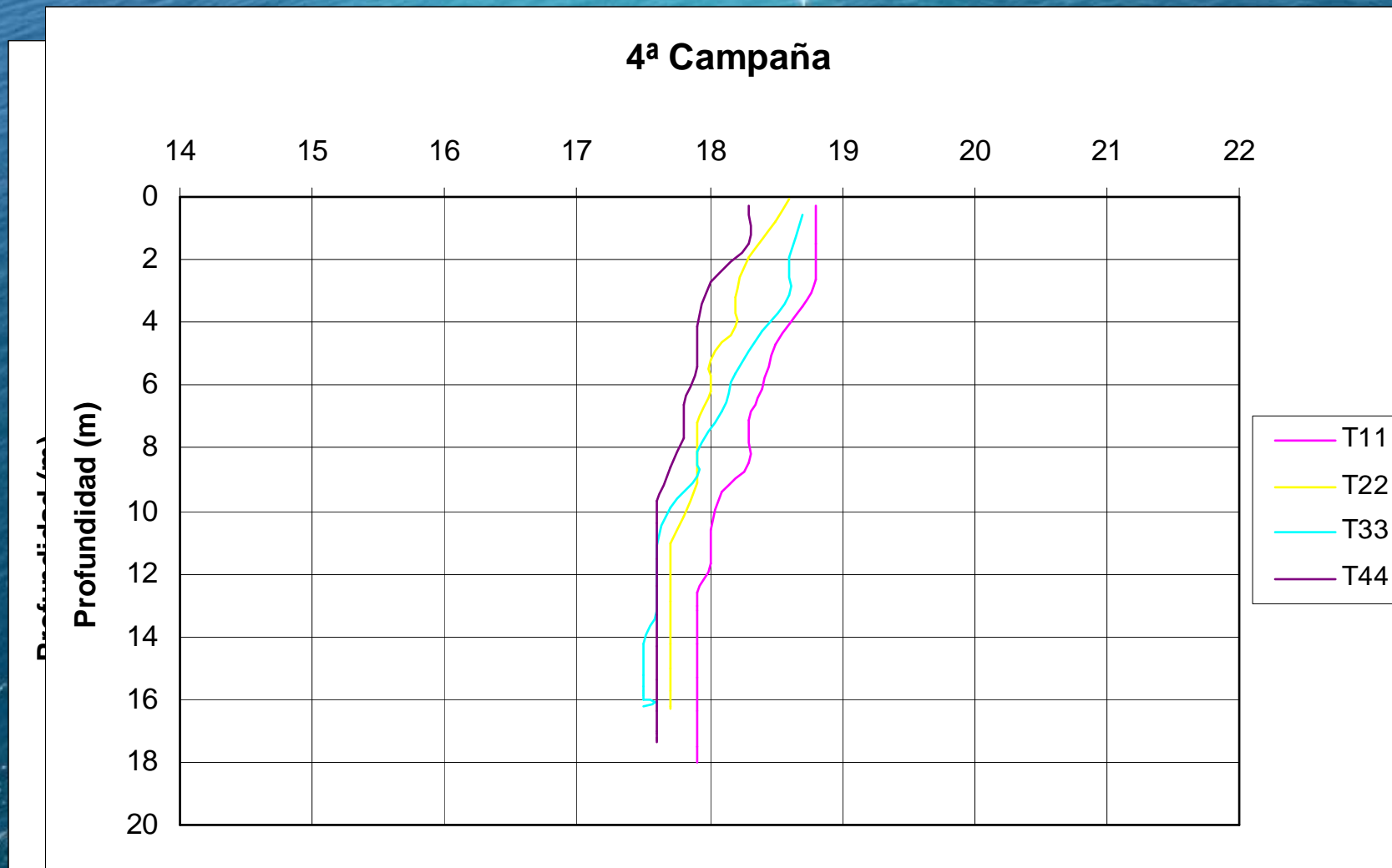
### 1.3. Resultados:

**Salinidad (‰):** Obtenida a través de la conductividad eléctrica (UNESCO, 1979).



### 1.3. Resultados:

#### Temperatura (°C):



**1.3.2. En laboratorio (gravimetría):**

Tablas de Sólidos en Suspensión (mg/l):  
Campaña preoperacional (5 de junio)

Estación de muestreo	Referencia de la muestra	Sólidos en suspensión (mg/l)	Estación de muestreo	Referencia de la muestra	Sólidos en suspensión (mg/l)
T1	T1-Superficie	<2	E4-05	E4-05-Superficie	2
	T1-Fondo	3		E4-05-Fondo	2
T2	T2-Superficie	<2	E4-10	E4-10-Superficie	<2
	T2-Fondo	<2		E4-10-Fondo	3
T3	T3-Superficie	<2	E5-02	E5-02-Superficie	3
	T3-Fondo	<2		E5-02-Fondo	<2
T4	T4-Superficie	<2	E5-05	E5-05-Superficie	<2
	T4-Fondo	<2		E5-05-Fondo	<2
E4-02	E4-02-Superficie	<2	E5-10	E5-10-Superficie	<2
	E4-02-Fondo	<2		E5-10-Fondo	<2

**2ª Campaña operacional (25 de junio)**

Estación de muestreo	Referencia de la muestra	Sólidos en suspensión (mg/l)	Estación de muestreo	Referencia de la muestra	Sólidos en suspensión (mg/l)
T1	T1-Superficie	<2	E4-05	E4-05-Superficie	<2
	T1-Fondo	<2		E4-05-Fondo	<2
T2	T2-Superficie	<2	E4-10	E4-10-Superficie	3
	T2-Fondo	<2		E4-10-Fondo	<2
T3	T3-Superficie	<2	E5-02	E5-02-Superficie	<2
	T3-Fondo	<2		E5-02-Fondo	8
T4	T4-Superficie	<2	E5-05	E5-05-Superficie	<2
	T4-Fondo	<2		E5-05-Fondo	8
E4-02	E4-02-Superficie	<2	E5-10	E5-10-Superficie	<2
	E4-02-Fondo	13		E5-10-Fondo	<2

## 1.4. Conclusiones del impacto en la calidad hidrológica:

### ✓ **Parámetros físico-químicos:**

pH, T<sup>a</sup>, Potencial Red-ox, Conductividad y O.D. sin variaciones anómalas

### ✓ **Sólidos en Suspensión:**

- Valores muy bajos: Preoperacional ≈ Dragado.
- Por debajo del límite de detección del método.

### ✓ **Turbidez:**

- [0-5] N.T.U. zona dragado y [0-10] N.T.U. zona aportación.
- Leve impacto espacial y temporal.

### ✓ **Generales:**

- Las concentraciones de S.S, corroboran los resultados de Turbidez.
- Los dragados realizados no han producido una merma en la calidad hidrológica de la zona.

## 2. ANÁLISIS DE IMPACTO EN BIOTA MARINA Y SEDIMENTOS

### 2.1. Introducción

- Valoración comparativa de las condiciones ambientales en las que se encuentra el medio biológico submarino y la calidad de los sedimentos de las zonas afectadas por la regeneración de la playa de El Palmar, tanto de la zona de préstamo, como del tramo de costa regenerada, antes y después de la obra.
- Este trabajo se ha centrado en los resultados obtenidos en el estudio preoperacional y en la 1ª, 2ª y 3ª campaña de seguimiento ambiental.
- La valoración obtenida, previa a la realización de las obras (campaña preoperacional), ha servido de base para la evaluación a posteriori de los efectos sobre las zonas de actuación, según lo establecido por el programa de vigilancia ambiental.

## 2.2. Método

### ➤ Recopilación de información

### ➤ Estudio de la calidad del sedimento

- En las distintas campañas se tomaron diez (10) muestras con draga Van Veen puntos (T2, T4, T5, T6, E1, E2, E4, E5, P1 y P2).
- Las muestras se etiquetaron y conservaron hasta su llegada a laboratorio
- Laboratorio: Análisis del contenido de M.O. y Granulometría. Cálculos de la  $D_{50}$ , Moda, Sorting, Skewness y fracciones.

2008 9 25



## 2. Método

### ➤ Caracterización de las comunidades bentónicas

#### zona de dragado

- Comunidad de arenas finas bien calibrada muestreada mediante técnicas indirectas con draga van Veen (800 cm<sup>2</sup> por muestras). 4 muestras en total
- Tamizado, fijado e identificación de individuos
- Cálculo de índices comunes (Diversidad, cobertura, complejidad, etc.)

2008 9 25

## 2. Método

### zona de vertido

- 3 puntos de seguimiento sobre sustrato rocoso (Una sobre la zona fotófila y esciáfila de las Lajillas del Queso, otra sobre el césped de *Cymodocea nodosa* presente en las Lajillas del Queso y una última sobre la zona fotófila de Torre Nueva)
- La naturaleza rocosa de los fondos obliga a utilizar técnicas de muestreo directas en inmersión
- También se establecieron 2 puntos de muestreo sobre el sustrato sedimentario (draga van Veen)
- La metodología de muestreo utilizada para las tres zonas ubicadas sobre sustrato rocoso se basa en el estudio fotográfico de parcelas de 1 m<sup>2</sup> de superficie, cuyo fin es la cuantificación de cambios en la abundancia y distribución de los organismos (Jones *et al.*, 1980; Fa, 1990).

## 2.2. Método

### Análisis de las imágenes tomadas sobre sustrato rocoso

- Las fotografías tomadas sobre las cuadrículas empleadas en el sustrato rocoso se han tratado de la siguiente manera (a modo de ejemplo), para estimar las densidades de la macrofauna bentónica presente:

Presencia de *Udotea petiolata* en 6 subcuadrículas

Presencia de *Asparagopsis armata* en 5 subcuadrículas

- Los resultados se compilan en tablas, en las cuales se suman todas las subcuadrículas correspondientes a cada punto (hay que tener en cuenta que cada imagen corresponde únicamente a 0,5x0,5 m del total del metro cuadrado existentes en cada muestra).





## 2.3. Resultados

### Sedimentos

Parámetros	Estaciones	CAMPAÑAS			
		Preoperacional	1ª Campaña	2ª Campaña	3ª Campaña
% MO	T2	0,8	0,8	0,9	1,6
	T4	0,8	0,9	1	0,7
	T5	0,6	1,5	0,9	1,0
	T6	0,8	1,7	0,9	0,9
	E1	1,3	1,4	1,2	1,2
	E2	1,5	1,5	0,8	1,5
	E4	0,9	0,8	1,9	0,5
% FINOS	E5	1,1	0,8	0,7	0,7
	T2	0,86	1,43	1,8	1,8
	T4	1,01	1,43	0,6	3,1
	T5	0,71	1,27	1	2,0
	T6	1,43	1,78	1,1	3,1
	E1	0,07	1,64	0,9	3,0
	E2	1,81	1,46	0,8	2,1
Sorting	E4	2,41	1,4	1,5	2,9
	E5	2,52	1,29	1,1	2,8
	T2	0,61	0,98	0,80	1,48
	T4	0,55	1,29	0,52	0,62
	T5	0,71	1,28	1,34	1,32
	T6	0,98	1,37	0,96	1,15
	E1	0,31	0,64	1,03	0,85
Skewness	E2	0,74	1,20	1,12	0,97
	E4	0,55	0,59	0,80	1,06
	E5	0,59	0,90	0,54	1,26
	T2	0,21	-0,42	-0,22	-0,21
	T4	0,32	-0,43	-0,14	-0,26
	T5	0,11	-0,12	-0,59	-0,22
	T6	-0,12	-0,32	-0,40	-0,26
D50 (µm)	E1	0,14	-0,13	-0,28	-0,24
	E2	0,04	-0,17	-0,23	-0,18
	E4	0,06	-0,03	-0,34	0,54
	E5	0,06	-0,30	0,00	-0,24
	T2	0,31	0,23	0,26	0,45
	T4	0,34	0,29	0,2	0,22
	T5	0,34	0,44	0,24	0,39
D50 (µm)	T6	0,23	0,35	0,24	0,23
	E1	0,19	0,19	0,23	0,18
	E2	0,59	0,45	0,33	0,22
	E4	0,19	0,19	0,22	0,61
	E5	0,19	0,22	0,18	0,23

## 2.3. Resultados

### Biota

Preoperacional						
ÍNDICES/ESTACIONES	T2	T4	T5	T6	E4	E5
Nº de especies (S)	3	1	3	3	3	2
Diversidad (H')	1,1	0,0	1,0	1,1	1,0	0,7
Equitatividad (J')	1,0	0,0	0,9	1,0	0,9	1,0
Dominancia (D)	0,0	1,0	0,3	0,2	0,3	0,4
Complejidad (nº de filis)	3	1	2	1	2	1

1ª						
ÍNDICES/ESTACIONES	T2	T4	T5	T6	E4	E5
Nº de especies (S)	3	3	0	0	8	3
Diversidad (H')	0,9	1,0	0	0	1,7	0,6
Equitatividad (J')	0,8	0,9	-	-	0,8	0,6
Dominancia (D)	0,4	0,3	-	-	0,2	0,6
Complejidad (nº de filis)	2	2	0	0	3	2

2ª						
ÍNDICES/ESTACIONES	T2	T4	T5	T6	E4	E5
Nº de especies (S)	4	2	2	6	3	6
Diversidad (H')	1,3	0,6	0,7	1,6	0,8	1,4
Equitatividad (J')	1,0	0,8	1,0	0,9	0,7	0,8
Dominancia (D)	0,1	0,5	0,0	0,2	0,5	0,3
Complejidad (nº de filis)	4	2	1	1	2	3

3ª						
ÍNDICES/ESTACIONES	T2	T4	T5	T6	E4	E5
Nº de especies (S)	5	6	7	6	3	4
Diversidad (H')	1,2	1,5	1,6	1,7	0,7	1,1
Equitatividad (J')	0,7	0,9	0,8	0,9	0,7	0,8
Dominancia (D)	0,4	0,2	0,2	0,1	0,6	0,3
Complejidad (nº de filis)	4	2	3	2	2	3

## 2.4. Conclusiones

### Sedimentos

- Constitución principal: arenas, sin finos y bajo contenido en materia orgánica.
- En el Placer de Meca han aflorado sobre el lecho marino unas arenas de similares características a las inicialmente presentes, aunque con someras diferencias:
  - Empobrecimiento en la clasificación, desplazamiento en el sesgo hacia el grueso. Esto se debe probablemente al afloramiento de un sustrato de mayor tamaño de grano tras la retirada de la capa superficial.
  - D50 comprendidas entre 0,18 y 0,35 mm exceptuando la T5 1ª postoperacional (0,44 mm) y T2 3ª postoperacional (0,61 mm). Se ha observado que el material más grueso se deposita en las crestas de los mismos, mientras que los más finos se encuentran en los senos, con lo cual el muestreo está condicionado por la ubicación de caída de la draga.
- Las variaciones sufridas sobre la calidad sedimentaria de las arenas ubicadas en la zona de aporte están directamente relacionadas con las sufridas en la zona de extracción.

## 2.4. Conclusiones

### Biota

#### ➤ Premisas:

- La campaña preoperacional se realizó a final de primavera, la primera de seguimiento a comienzos de otoño, la segunda de seguimiento a principios de primavera y la tercera de seguimiento al comienzo del verano.
- Los máximos valores de riqueza ecológica en una comunidad bentónica se observan en el periodo estival, debidos al aumento de la temperatura y a la estabilidad hidrodinámica.

#### ➤ Zona sedimentaria

- Escaso grado de desarrollo de las comunidades asentadas sobre sustrato sedimentario, tanto en la zona de dragado, como en la zona de vertido.
- Descenso de la riqueza ecológica en la zona de dragado tras la extracción
- Trascurrido un año tras la actuación, se ha observado una recuperación que podría considerarse completa en la zona de dragado.
- En la zona de vertido, la afección sobre la comunidad de ABC ha sido mínima, habiéndose recuperado, en términos biológicos, al mes de llevarse a cabo la obra.



## 2.4. Conclusiones

### Biota

#### ➤ Zona rocosa

- Grado de desarrollo medio (estado preoperacional)
- Al mes y a los 9 meses tras la obra, disminución de la fragilidad ecológica de dichas comunidades en las zonas más cercanas a costa. Esta disminución se debe a la desaparición de determinadas especies algales de desarrollo estival.
- Es difícil determinar si las variaciones observadas en las estaciones más cercanas a costa son derivadas de posibles alteraciones de origen antrópico o por el contrario son variaciones estacionales intrínsecas a cada comunidad rocosa estudiada.
- Trascurrido un año tras las obras se ha observado que los valores obtenidos para los distintos índices ecológicos en todas las estaciones, son similares a los obtenidos en el preoperacional, lo que indica que si han existido alteraciones sobre la biota rocosa, éstas, han sido asimiladas por el medio trascurrido dicho periodo, recuperándose el estado ecológico preoperacional en su práctica totalidad.



*¡Gracias por su atención!*

