

1.4.3. SEGUIMIENTO HIDROLÓGICO ESPACIO-TEMPORAL DE LA PLUMA DE TURBIDEZ CAUSADA DURANTE UN DRAGADO OFF-SHORE

J. Román-Sierra¹, M. Navarro², J.J. Muñoz-Pérez¹, G. Gómez¹, A. de la Casa¹, L. Fages¹, A. Carmona¹, F. González³

1. Demarcación de Costas Andalucía Atlántico (MMARM). C/ Marianista Cubillo, 7, 11008, Cádiz. jroman.costas@gmail.com
2. Departamento de Física Aplicada. Facultad de Ciencias del Mar y Ambientales. Universidad de Cádiz. Polígono Río San Pedro, s/n, 11510, Puerto Real (Cádiz).
3. Departamento de Medio Marino. Tecnoambiente. C/Newton, 15, E, 11407 Jerez Fra. (Cádiz).

INTRODUCCIÓN

Durante los últimos dos años la costa española ha sufrido el implacable azote de grandes temporales acompañados de olas de más de 10 metros de altura y rachas de viento superiores a los 100 Km/h. Esto ha propiciado la irremediable erosión de playas y dunas litorales con la consiguiente recesión de la línea de costa. En el caso de la provincia de Cádiz, estos efectos se han puesto de manifiesto en varias playas de su litoral: punta Montijo (Chipiona), punta Candor (Rota), punta de los Saboneses (El Puerto), playa de Camposoto (San Fernando), playa La Barrosa (Chiclana) o en la misma playa Victoria (Cádiz). Dicho litoral presenta una gran variedad de problemas de gestión costera y de ingeniería, a veces de difícil solución (Gómez Pina et al. 2006). Consecuentemente, debido algunas veces a motivos de seguridad ciudadana y otras dada la gran importancia del sector turístico en la provincia de Cádiz, la Dirección General de Sostenibilidad de la Costa y del Mar, a través de la Demarcación de Costas Andalucía-Atlántico, ha tenido que intervenir para salvaguardar el buen estado de las playas y línea de costa para el uso y disfrute de los ciudadanos. En este sentido, algunas de las diversas actuaciones que ha desarrollado esta Dirección General, han consistido en la aportación de arenas de excelente calidad a las playas más necesitadas, basándose en criterios sociales, técnicos, ambientales, económicos y sobre todo, de seguridad (Muñoz Pérez y otros, 2000).

En base a esta demanda de restituir la arena en las playas, se hace necesaria la búsqueda de fuentes de arenas aptas para regeneraciones de playa, tanto de índole marina, como fluvial o terrestre. Para el caso que nos ocupa, se ha seleccionado una actuación que la Dirección General ha realizado recientemente en el litoral de la provincia de Cádiz: "Proyecto de explotación de un banco de arena submarino, para la posterior realimentación de las playas de La Barrosa, Camposoto y La Victoria, todas ellas localizadas en la provincia de Cádiz".

La zona de estudio se encuentra sobre el yacimiento arenoso denominado Placer de Meca, situada al oeste del Cabo de Trafalgar, sobre la plataforma continental que se extiende frente a la costa occidental de Cádiz. Esta zona de la costa atlántica española, incluida dentro del Golfo de Cádiz, forma parte de la entrada occidental del Estrecho de Gibraltar (Figura 1).

Figura 1. Localización del área de estudio



La búsqueda bibliográfica y el análisis de datos de campo y fotografías aéreas a lo largo del último medio siglo, han determinado una tasa de recesión máxima de la línea de costa de aproximadamente 1 metro lineal por año en algunos de los puntos de la costa de la provincia de Cádiz (Muñoz-Pérez y Enríquez, 1998) y hasta 2 metros lineales en la costa de Vejer de la Frontera, concretamente en la playa de El Palmar (Figura 2).

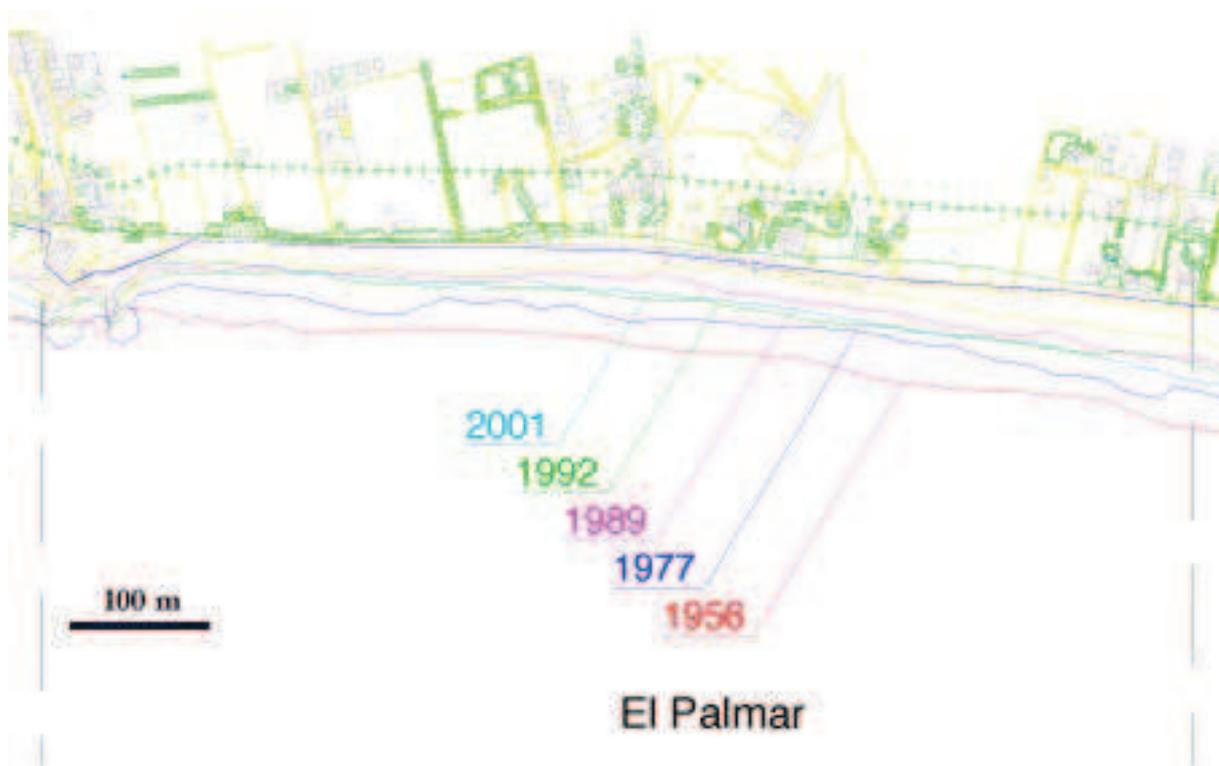


Figura 2. Esquema del retroceso de la línea de costa en la playa del El Palmar (T.M. Vejer de la Frontera, Cádiz).

Con la finalidad de corroborar resultados y conclusiones obtenidas en anteriores estudios ambientales (Román-Sierra y otros, 2009), en la presente investigación se muestran los resultados obtenidos del seguimiento de la calidad hidrológica durante dicha obra de dragado realizada durante el mes de agosto de 2010. Los objetivos que se persiguen en el presente artículo son los de conocer el comportamiento espacio-temporal de la pluma de turbidez causada por un dragado, en sentido transversal y longitudinal a la dirección del mismo, durante un ciclo completo de marea (vaciente y creciente) y comparar todos los resultados con los obtenidos en campañas anteriores.

METODOLOGÍA

Resumidamente, los trabajos llevados a cabo fueron:

- Control de la limitación de la afección de la turbidez en la superficie prevista.
- Determinación del comportamiento espacio-temporal de la pluma de turbidez en sentido transversal y longitudinal al avance de la draga.
- Comparación con los resultados de las obras desarrolladas durante el año 2008.

La draga utilizada fue una draga de succión en marcha, con una capacidad de carga de arena en cántara superior a los 3.500 metros cúbicos, una potencia de la bomba de 1.500 Kw en carga y 2.800 Kw en descarga, y con una profundidad máxima de dragado hasta 30 metros (Figura 3).



Figura 3. Imagen de la nave dragadora en acción.

Para llevar a cabo estos objetivos se realizaron cuatro campañas de muestreo, dos para la determinación del comportamiento espacio-temporal de la pluma de vertido en sentido transversal (una con la vaciante y otra con la creciente) y otras dos para el sentido longitudinal (vaciante y creciente). El control de la limitación de la afección a la superficie prevista, se ha realizó junto con las campañas anteriores.

Para el cumplimiento del objetivo propuesto se han establecido varias estaciones de control en la zona de dragado, repartidas de manera transversal y longitudinal al avance de la embarcación dragadora (Figura 4).

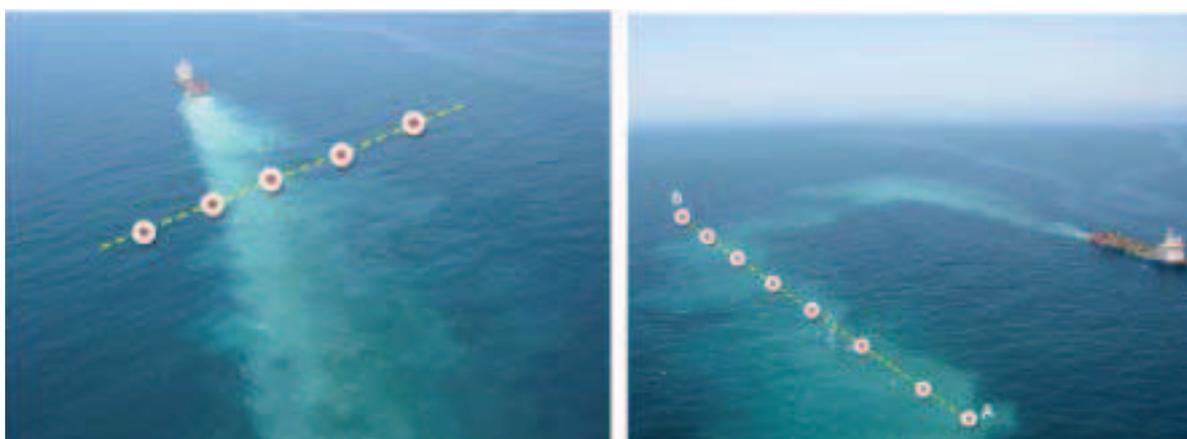


Figura 4. Transectos permanentes en sentido transversal (izd.) y longitudinal (der.)

Asimismo, para llevar a cabo el control de calidad hidrológica de la zona, se han definido 14 estaciones de muestreo, distribuidas a lo largo del perímetro del polígono, donde se han realizado perfiles en continuo de diferentes parámetros físico-químicos, así como la toma de muestras de agua para el análisis en laboratorio de los sólidos en suspensión. Todas las estaciones fueron geopositionadas mediante la utilización de un GPS de precisión centimétrica (Figura 5).

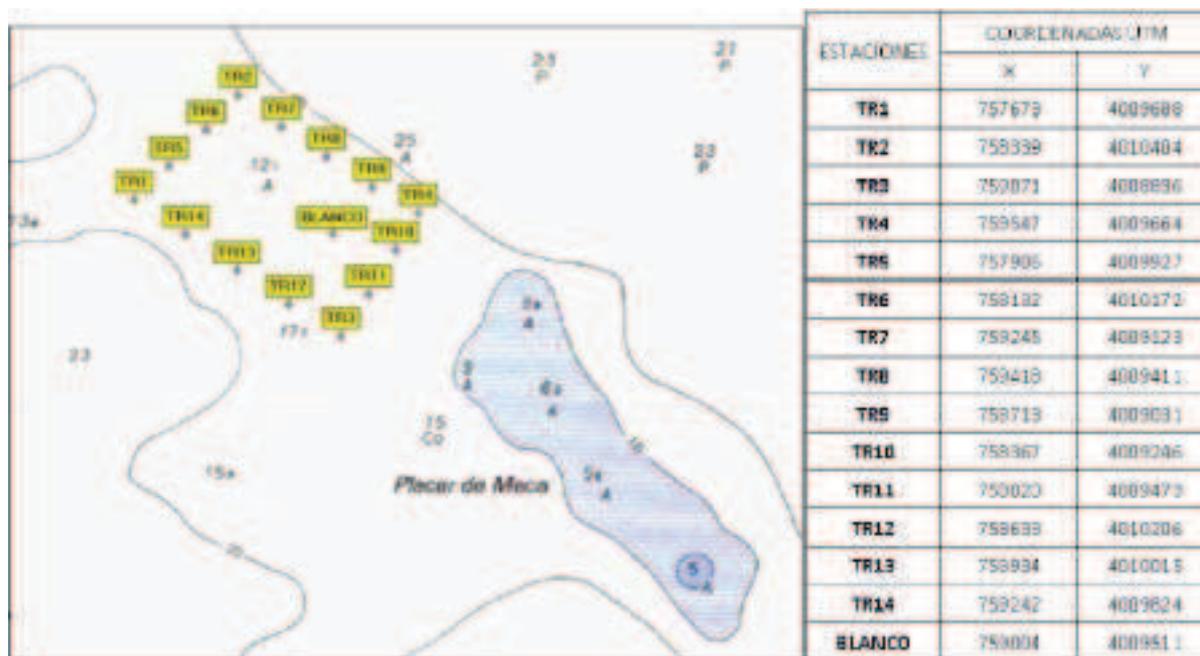


Figura 5. Localización de las estaciones de muestreo en la zona de dragado y coordenadas.

Además, en cada una de las estaciones se determinaron varios parámetros físico-químicos en continuo como la temperatura, conductividad/salinidad, pH, potencial red-ox, oxígeno disuelto, y especialmente la turbidez, obteniendo perfiles completos de la columna de agua.

El equipo utilizado para llevarlas a cabo fue una sonda multiparamétrica HIDRO-LAB DS-5X (Figura 6).

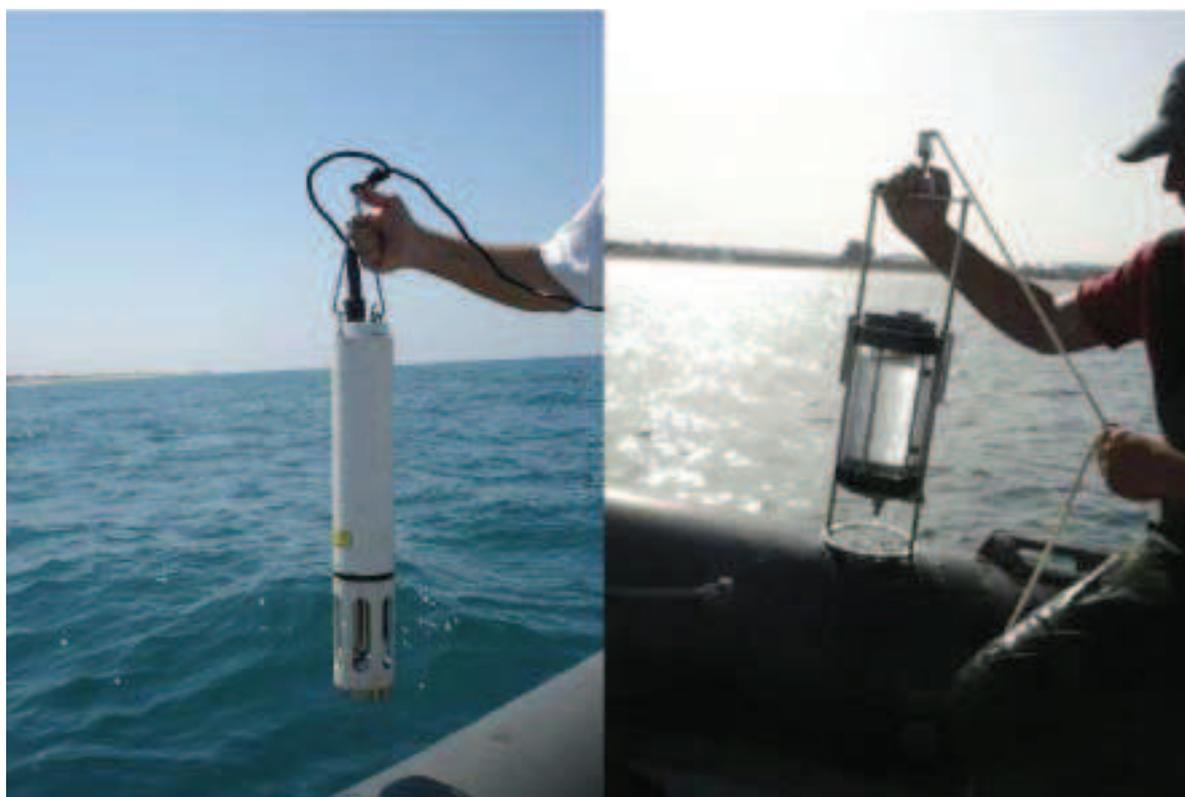


Figura 6. Sonda multiparamétrica (izd.) y botella oceanográfica Ruttner (der.)

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los parámetros físico-químicos fueron determinados en toda la columna de agua antes, durante y tras las operaciones de dragado y vertido de sedimento en todas las estaciones de muestreo, controlando la turbidez en marea creciente y vaciante.

Control de la turbidez en la zona de dragado con marea vaciante y creciente.

Los valores de turbidez detectados en la zona de dragado durante las operaciones de obra, no han superado en ningún momento los 4 NTU en toda la columna de agua, excepto la estación TR2, en la que el valor de la turbidez aumenta exponencialmente con la profundidad hasta alcanzar un valor máximo de 8 NTU a 17 metros de profundidad (Figura 7).

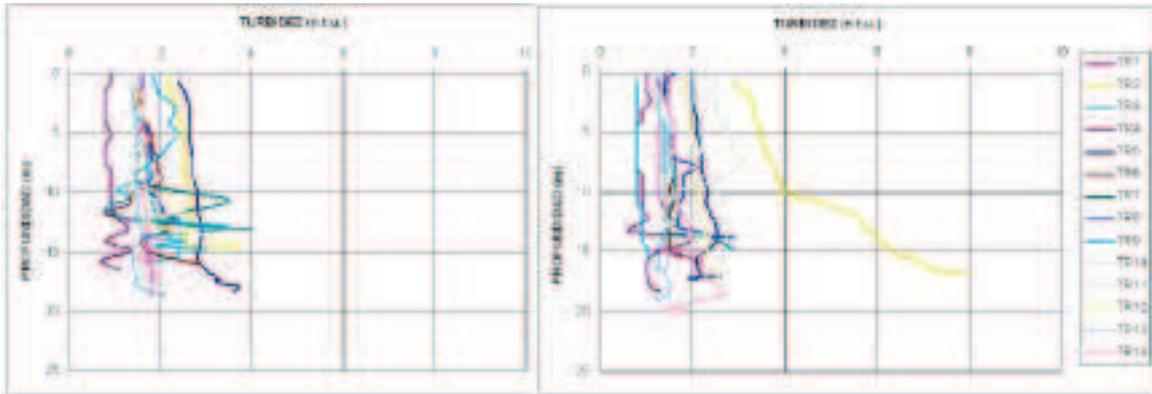


Figura 7. Valores de turbidez en la zona de dragado con marea vaciante (izd.) y marea creciente (der.)

Comportamiento espacio-temporal de la pluma de sedimentos

En este apartado se representan los resultados correspondientes al estudio transversal y longitudinal de la pluma de sedimentos durante un ciclo completo de marea, es decir en marea vaciante y creciente.

Para el caso del estudio transversal, el comportamiento de la pluma de sedimentos ha demostrado un comportamiento estable en toda la columna de agua, con valores entre 0 y 10 NTU para el estudio con la marea vaciante (con picos de hasta 17 NTU a 13 metros de profundidad) y valores entre 0 y 6 NTU para el estudio con marea creciente (Figura 8).

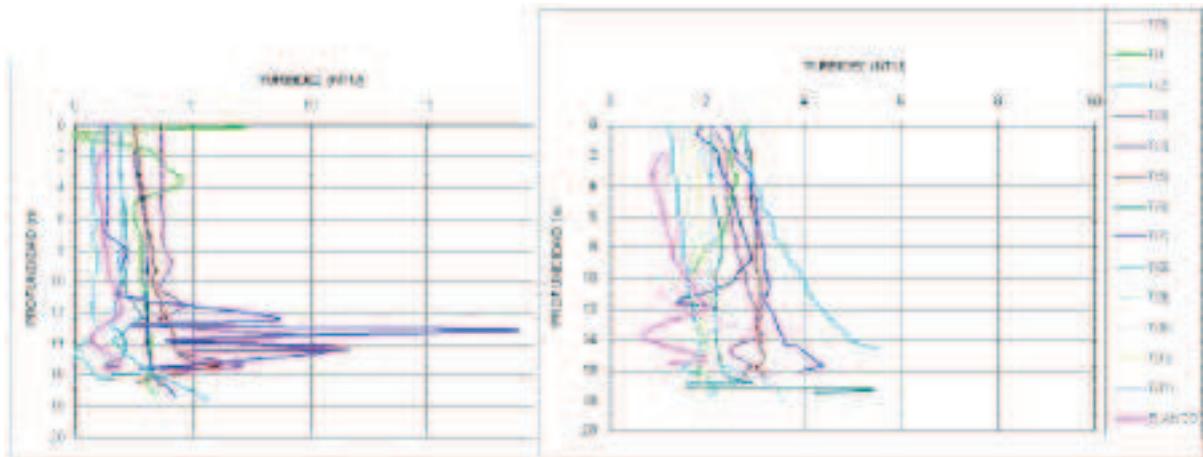


Figura 8. Comportamiento transversal de la pluma de sedimentos con marea vaciante (izd.) y marea creciente (der.)

Para el caso del estudio longitudinal, el comportamiento de la pluma de sedimentos ha demostrado también un comportamiento bastante estable en toda la columna de agua, con valores entre 0 y 6 NTU para el estudio con la marea vaciante y valores entre 0 y 3 NTU para el estudio con marea creciente (Figura 9).

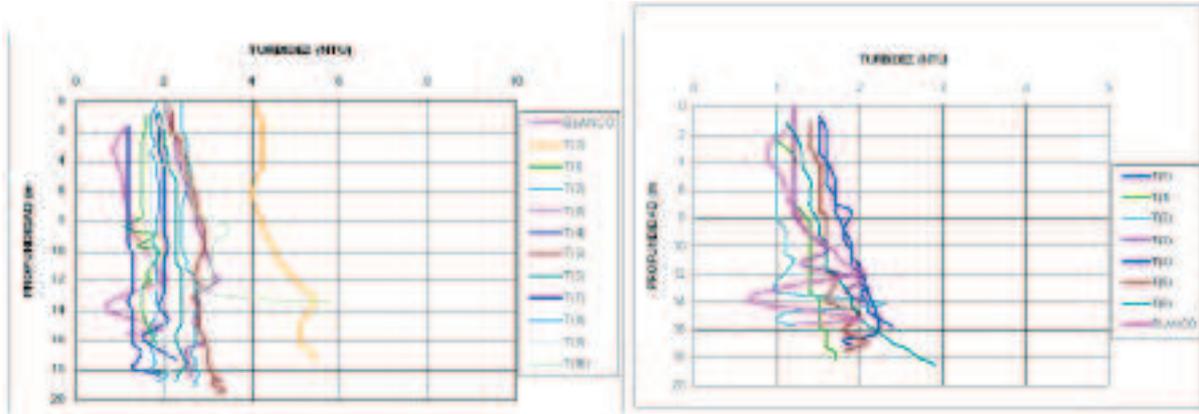


Figura 9. Comportamiento longitudinal de la pluma de sedimentos con marea vaciante (izd.) y marea creciente (der.)

Comparación con resultados anteriores

En campañas similares desarrolladas durante las obras de regeneración de la playa de El Palmar con arenas procedentes del Placer de Meca, realizada en 2008, se obtuvieron también valores de turbidez similares y que sirven para corroborar los resultados de ambas campañas y demostrar los bajos valores de turbidez obtenidos al dragar este tipo de sedimentos ($D_{50} = 0,44 \text{ mm}$) en este tipo de aguas (Figura 10).

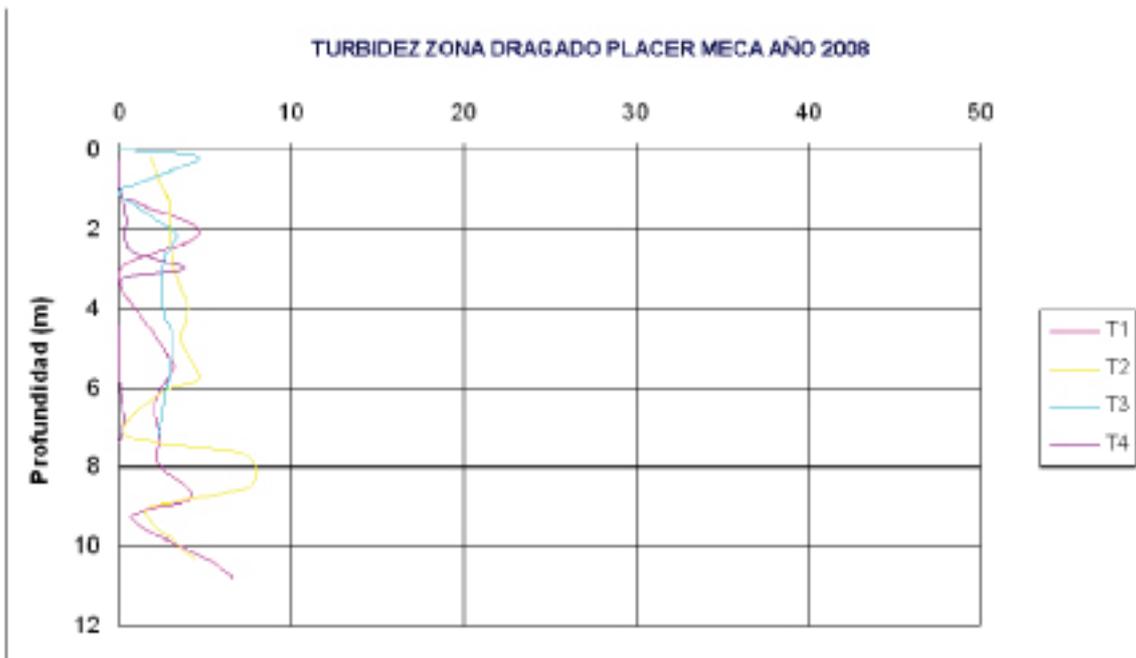


Figura 10. Valores de turbidez durante las obras de dragado del Placer de Meca, año 2008.

Siguiendo exactamente la misma metodología e instrumental para todas las campañas, los valores de turbidez en aquellos casos no sobrepasaron los 10 NTU, aunque bien es cierto que se dieron valores aislados y puntuales de hasta 25 NTU (Román-Sierra y otros, 2009).

CONCLUSIONES

Los valores obtenidos para el comportamiento espacio-temporal de la pluma en sentido transversal presentan diferencias en superficie y fondo, indicando un desplazamiento de la pluma con la marea y también un rápido hundimiento de los materiales resuspendidos (la elevada granulometría de las arenas extraídas permite su rápida sedimentación).

Los valores obtenidos para el comportamiento espacio-temporal de la pluma en sentido longitudinal indican que los niveles naturales de turbidez se alcanzan trascurridos unos 20 minutos tras el inicio del dragado.

En cuanto al comportamiento de la pluma de turbidez durante la marea creciente o vaciante, existen diferencias no sólo asociadas al momento de la marea, sino también a variables como la dirección de dragado, el overflow, las corrientes de viento, etc.

En general se puede decir que los incrementos de turbidez observados han sido mínimos y equiparables a la turbidez natural del medio en condiciones marinas y atmosféricas severas. Estos datos obtenidos durante el dragado del 2010 corroboran los datos obtenidos durante los dragados del 2003 y 2008, asegurando un mínimo impacto ambiental provocado por este tipo de actuaciones en el Placer de Meca

Para este tipo de actuaciones de dragado, varios estudios de seguimiento realizados en los últimos años, han puesto de manifiesto que la explotación de yacimientos submarinos de arena en zona abiertas y con buena renovación carecen de efectos perjudiciales a medio plazo sobre la calidad hidrológica y el medio ambiente marino (MMARM, 2010).

REFERENCIAS

Gomez Pina, G., Fages, L., Ramírez, J.L., Muñoz Perez, J.J., Enríquez, J. (2006). "A critical review of beach restoration projects in the northern coast of Cadiz (Spain) after thirteen years". *30th International Conference on Coastal Engineering* (ASCE), 4167-4178.

Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino (2010). "Directrices para la gestión ambiental de las extracciones marinas para la obtención de arena".

Muñoz-Pérez, J.J., Enríquez, J., 1998. Littoral dynamic of a complete physiography unit: Sanlucar-Rota. *Rev. Obras Públicas*, Vol. 3375, pag. 35-44.

Muñoz Pérez, J.J.; López de San Román Blanco, B.; Gutiérrez Más, J.M.; Cuenca López, G.J. (2000). "La regeneración de playas en el Golfo de Cádiz: Un coste asumible y sostenible". *Revista de Obras Públicas*, nº 3.399, 23-28.

Román Sierra, J.; Navarro, M.; Caballero, I.; Muñoz Pérez, J.J.; Gómez, G.; De la Casa, A.; Fages, L.; Barrientos, M. (2009). "Comparación de la turbidez natural del placer de Meca frente a la generada por un dragado". *X Jornadas de Puertos y Costas*.