

OSCILACIONES DEL NIVEL DEL MAR FORZADAS POR PERTURBACIONES ATMOSFÉRICAS EN LA COSTA DE CÁDIZ

SEA LEVEL OSCILLATIONS FORCED BY ATMOSPHERIC DISTURBANCES ON THE COAST OF CADIZ

Manuel Patricio López⁽¹⁾, Alfredo Izquierdo⁽²⁾

⁽¹⁾ Agencia Estatal de Meteorología, Base de Rota, Cádiz, España, , malopezc@aemet.es

⁽²⁾ Instituto de Investigaciones marinas (INMAR), Oceanografía Física: Dinámica,
Universidad de Cádiz, Cádiz, España, alfredo.izquierdo@uca.es

SUMMARY

The scientific community has long referred to sea level oscillations caused by atmospheric phenomena as meteotsunamis. These disturbances have been extensively studied in different locations of the world, particularly in various places of the Mediterranean Sea, and can involve serious threats in certain coastal areas. In this paper we analyse two specific episodes at the coast of Cadiz with significant sea level perturbations caused by atmospheric sea level pressure (SLP) oscillations forced by gravity waves from the mid-troposphere. The analysis of the available information confirms that the oceanic responses were amplified by the effect of shoaling waters and resonance in the semi-enclosed water bodies where they occurred, whose characteristic periods depend on their morphometry. The study also considers the likely additional contribution of other long-period sea-wave amplification processes on the coast of Cadiz.

Los casos de ondas largas oceánicas que provocan alteraciones anómalas del nivel marino en la costa suelen adquirir notoriedad mediática en determinadas épocas, especialmente en verano, por los riesgos que en determinadas circunstancias suponen para los usuarios de las playas y los daños materiales que eventualmente ocasionan en las infraestructuras costeras, recintos portuarios y de fondeo.

Este estudio se ocupa de analizar dos casos concretos de oscilaciones anómalas del nivel del mar inducidos por forzamiento atmosférico, ampliamente conocidas como *meteotsunamis* (Monserrat et al., 2006). Estas oscilaciones perturbaron el nivel del mar de manera muy específica en algunas localizaciones concretas (estuarios, bahías y puerto deportivos), sin apenas afectación aparente en el resto de la línea costera de la provincia de Cádiz.

Estas fluctuaciones, de origen atmosférico experimentaron un posterior desarrollo, fundamentalmente determinado por fenómenos de resonancia geométrica vinculados a la profundidad y dimensión horizontal de los recintos semicerrados, aunque cabe suponer una participación de otros fenómenos de resonancia oceánica.

Las oscilaciones de nivel del mar estudiadas fueron forzadas por perturbaciones de la presión atmosférica excitadas por ondas gravitatorias procedentes de la troposfera media. El patrón atmosférico favorable, similar al descrito por varios autores (Ramis y Monserrat, 1991, Jansá, 2014) para el caso de *rissagas* en Menorca (Figura 1), presenta los siguientes ingredientes:

- Flujo subtropical del SW delante de una vaguada en 500 Hpa.
- Columnas convectivas inmersas en el flujo, con base en la troposfera media
- Inestabilidad de Kelvin-Helmholtz en la vertical, potencial generadora de ondas gravitatorias.
- Corrientes descendentes y virga procedentes de las bases de los altocúmulos convectivos.
- Inversión térmica en la troposfera interior; perturbada por las ondas gravitatorias, sus oscilaciones verticales se manifiestan como oscilaciones de alta frecuencia de la SLP.

En el primero de los casos, ocurrido hacia las 17:00 UTC del 13 de agosto de 2022, se apreciaron oscilaciones significativas del nivel del mar en el estuario del Guadalquivir y en playas del interior de la Bahía de Cádiz (Figura 2a), agravadas por su coincidencia con la pleamar astronómica más alta el año y con el mínimo de presión de la marea barométrica diurna.

El segundo caso se refiere a un seiche registrado durante la mañana del 6 de julio de 2019, forzado por una oscilación de SLP en condiciones de resonancia con el período propio de oscilación del puerto deportivo de Conil de la Frontera (Figura 2b), un caso similar al de las *rissagas* de Ciudadela.

El presente estudio analiza los registros disponibles de SLP y de nivel del mar para determinar las características de las perturbaciones atmosféricas y oceánicas, determinando sus períodos dominantes, lo que

permitirá estimar los efectos de amplificación por resonancia con el período resonante propio de los cuerpos de agua semicerrados donde ocurrieron las oscilaciones estudiadas.

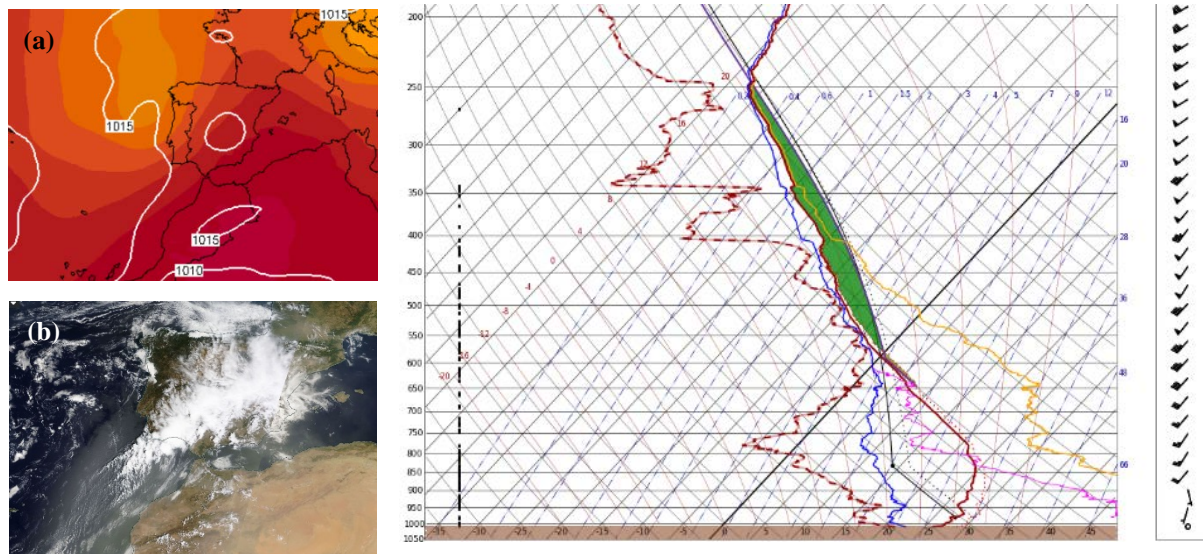


Figura 1 (a). Presión en superficie (MSLP) y topografía de 500 Hpa del 13 Ago 2022 a 12 :00 UTC. **(b)** Imágen MODIS la mañana del 13 Ago 2022, y **(c)** Radiosondeo de Huelva 13 Ago 2022 a 00:00 UTC. Fuentes : Wetterzentrale / MODIS / AEMET

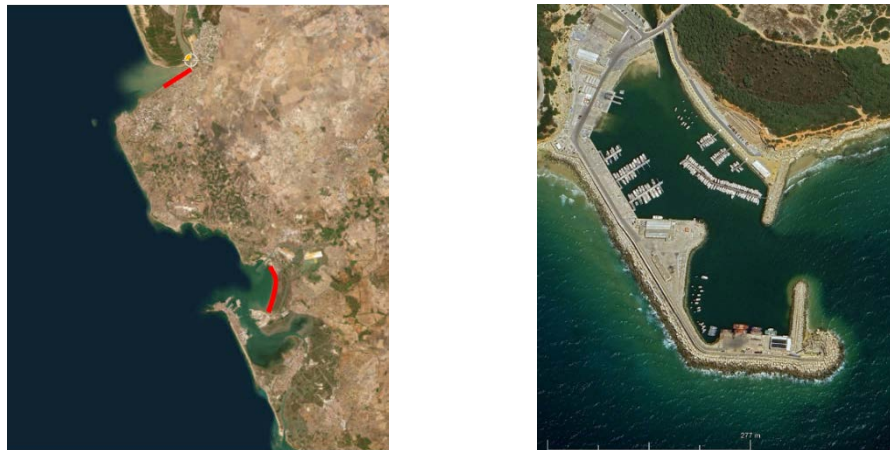


Figura 2 – (izda) Sobre impresas en rojo, porciones de costa con alteraciones del nivel del mar el 13 Ago 2022. **(dcha)** Puerto deportivo de Conil. Fuente : Google Earth

Aunque el principal mecanismo de aumento de amplitud va vinculado a un proceso de resonancia geométrica, se estima también la probable contribución de otros efectos amplificadores externos asociados a la propagación de las perturbaciones desde el SW, como los procesos resonantes descritos por Proudman (1929) y Greenspan (1956).

REFERENCIAS

Greenspan, H. P. (1956): *The generation of edge waves by moving pressure disturbances*, J. Fluid Mech., 1, 574–592, 1956.

Jansá, A. (2014): *Rissagues: El caso de 19 de agosto de 2014*. Revista Tiempo y Clima. Vol. 5 Núm 46. <https://pub.ame-web.org/index.php/TyC/article/view/947>

Monserrat, S. et al. (2006): *Meteotsunamis: Atmospherically induced destructive ocean waves in the tsunami frequency band*. Nat. Hazards Earth Syst. Sci., 6, 1035–1051. <https://digital.csic.es/handle/10261/98928>.

Proudman, J. (1929): *The effects on the sea of changes in atmospheric pressure*, Geophys. Suppl. Mon. Notices R. Astr. Soc., 2(4): 197–209 p. <https://academic.oup.com/gsmnras/article/2/4/197/626576>

Ramis, C., Monserrat, S. (1991): *Ondas gravitatorias troposféricas. Estudio de su estabilidad mediante modelos de capas*. Física de la Tierra, nº 3. Ed. Univ. Complutense. Madrid. https://www.researchgate.net/publication/39279017_Ondas_gravitatorias_troposfericas_Estudio_de_su_estabilidad_mediante_modelos_de_capas/link/0912f511b8431acab600000/download