La ocupación de las zonas costeras por parte del ser humano es una realidad desde la Antigüedad y puede atribuirse a diversos motivos. En un principio éstos se ajustaban más a necesidades prácticas (pesca, industria, transporte), necesidades a las que se han unido las de tipo lúdico y estético. En la actualidad las áreas costeras se han convertido en el principal destino turístico a escala mundial, creando en su entorno un gran negocio y convirtiéndose en la actividad que más contribuye al PIB de muchos países (Houston, 2013).

Estas causas han tenido como consecuencia una concentración de población en las áreas más próximas a la costa. Así, en la actualidad el 40% de la población mundial se concentra en dichas zonas y se espera que dicha cifra vaya en aumento (Barragán y De Andrés, 2015).

En España la costa representa uno de los espacios más valorados y apetecidos por la ciudadanía, de tal forma que se ha producido una auténtica “litoralización” en la ocupación del territorio: existen aproximadamente 8.000 Km de costa, y en la orla litoral de los municipios costeros, que representan el 7% de la superficie del país, ya vive el 44% de la población; además, la densidad de población en las zonas litorales se triplica en la época estival. Esta situación ha provocado que el 40% de la costa española esté urbanizada o sea urbanizable. Esta tendencia de ocupación de la franja costera mantiene en la actualidad ratios de crecimiento similares a los existentes hace 10 o 15 años. Si las previsiones de urbanización y ocupación suelo se cumplieran, la costa española triplicaría su población en los próximos decenios (Alfonso, 2007).

Todo esto confiere un elevado peso socioeconómico a las zonas costeras, interés que se incrementa dada la conciencia ambiental que se ha ido generando en las últimas décadas en la población. En este sentido, al valor social y económico de las zonas costeras hay que añadir los servicios ecosistémicos que proporcionan (Brenner et al., 2010), y que en algunos casos repercuten directamente en la actividad humana, como es el caso del papel protector que ejercen los cordones dunares ante los temporales. Por estos motivos, los procesos erosivos que se están produciendo en la mayoría de las zonas costeras originan un elevado impacto social. Así, considerando que el 20% de las costas mundiales son arenosas y

limitadas por dunas u otros depósitos arenosos y que el 70% de las mismas se encuentra en retroceso desde las últimas décadas (Bird, 1985), se puede constatar la gran magnitud del problema. Así por ejemplo, en Cataluña se calcula que un 33% del litoral presenta una tendencia erosiva, cifra que en el caso de la costa mediterránea de Andalucía se eleva al 41% (Comisión Europea, 2009).

La economía de la ciudad de Cádiz

Cádiz es una ciudad costera claro ejemplo de la problemática descrita anteriormente. Tiene una población de aproximadamente 130.000 habitantes, y dado el escaso espacio urbano disponible al estar casi totalmente rodeada por mar (siguiente imagen), presenta una de las densidades de población más altas de Europa (aproximadamente 10.000 hab/km^2). La ciudad es el segundo municipio más importante en actividad económica en la provincia de Cádiz, pero su dinámica económica, en términos de PIB, es baja si se excluye el turismo, ya que el comercio marítimo y las actividades de sus astilleros se han reducido, así como las actividades de pesca, lo que ha hecho también centrar una parte importante de su actividad portuaria en torno al turismo. El principal sector económico en la actualidad es el comercio. El turismo en la ciudad ha crecido notablemente en los últimos años asociado a las playas, el patrimonio histórico y artístico y la presencia de cruceros durante todo el año (Alves et al., 2014).

En este contexto, es indudable que la actividad económica de la ciudad de Cádiz depende en gran medida de la conservación de los mencionados atractivos, entre ellos las playas, que con 8 Km de extensión ocupan prácticamente toda la orla costera exterior del municipio. Además de una notable fuente de ingresos económicos, las playas de Cádiz representan un recurso recreativo de primer orden para la propia población de la ciudad, dada la escasez de zonas verdes y otros espacios de esparcimiento.

Problemática de las playas de Cádiz

El litoral del municipio de Cádiz presenta un total de cuatro playas, de las cuales

tres son urbanas y una semi-natural (siguiente imagen):

- La playa de La Caleta es una playa urbana de 400 m de longitud, la única situada en el casco antiguo de la ciudad.
- La playa de Santa María del Mar, de 600 m de longitud, está delimitada por dos espigones y respaldada por un antiguo acantilado que fue recubierto con un revestimiento de hormigón en los años 80 del siglo pasado.
- La playa de La Victoria, de 3000 m de longitud, es la más extensa de la zona urbana, y está respaldada por un paseo marítimo construido a mediados del s. XX sobre los antiguos cordones dunares que existían en esta zona.
- Por último, la playa de Cortadura, de 4000 m de longitud, es de carácter semiurbano en su extremo norte y natural en el resto de su extensión, siendo la única playa donde se conserva el sistema dunar.

Todas las playas de Cádiz están compuestas por arena cuarcítica de tamaño medio-fino, con un D50 en torno a 0,25 mm (Ávila-Serrano et al., 2009). Son playas disipativas, con una baja pendiente de la zona intermareal que oscila entre una media de 0,017 en invierno y 0,025 en verano (Del Río et al., 2012), ya que todas ellas muestran un claro comportamiento estacional (Puig, 2016). Así, en invierno, los temporales arrasan la playa y transportan el sedimento de la berma y de la parte alta de la misma hacia la zona sumergida, donde se acumula formando barras. Estas barras son removilizadas por el oleaje de buen tiempo, que vuelve a transportar progresivamente los sedimentos hacia la playa, formando barras intermareales que finalmente se adosan a la berma.

Este comportamiento estacional forma parte de la dinámica natural de las playas, que en condiciones normales recuperan en primavera y verano el sedimento perdido durante el invierno. Sin embargo, en la ciudad de Cádiz esta dinámica resulta problemática por tres aspectos fundamentales: la artificialización de la trasplaya, la ocupación de la playa por instalaciones antrópicas durante todo el año, y la escasez de aportes sedimentarios.


PLAYA DE
LA CALETA
PLAYA DE
SANTA MARÍA
DEL MAR
PLAYA DE
LA VICTORIA
PLAYA DE
CORTADURA
N
0
0.5
1
2
3 Km

Fotografía aérea de la ciudad de Cádiz del año 2016, con la ubicación de las distintas playas. (Imagen: Instituto de Estadística y Cartografía de Andalucía)

Así, por un lado y sobre todo en el caso de la playa de Santa María del Mar y el norte de la playa de La Victoria, la rigidización de la parte trasera de la playa con un muro de contención impide a la misma adaptar su perfil a las condiciones cambiantes del oleaje y la marea, por lo que la playa tiende a erosionarse con eventos de oleaje incluso de energía moderada (siguiente imagen).



Erosión en el extremo Norte de la playa de La Victoria como consecuencia de un temporal de baja energía en mayo de 2016.

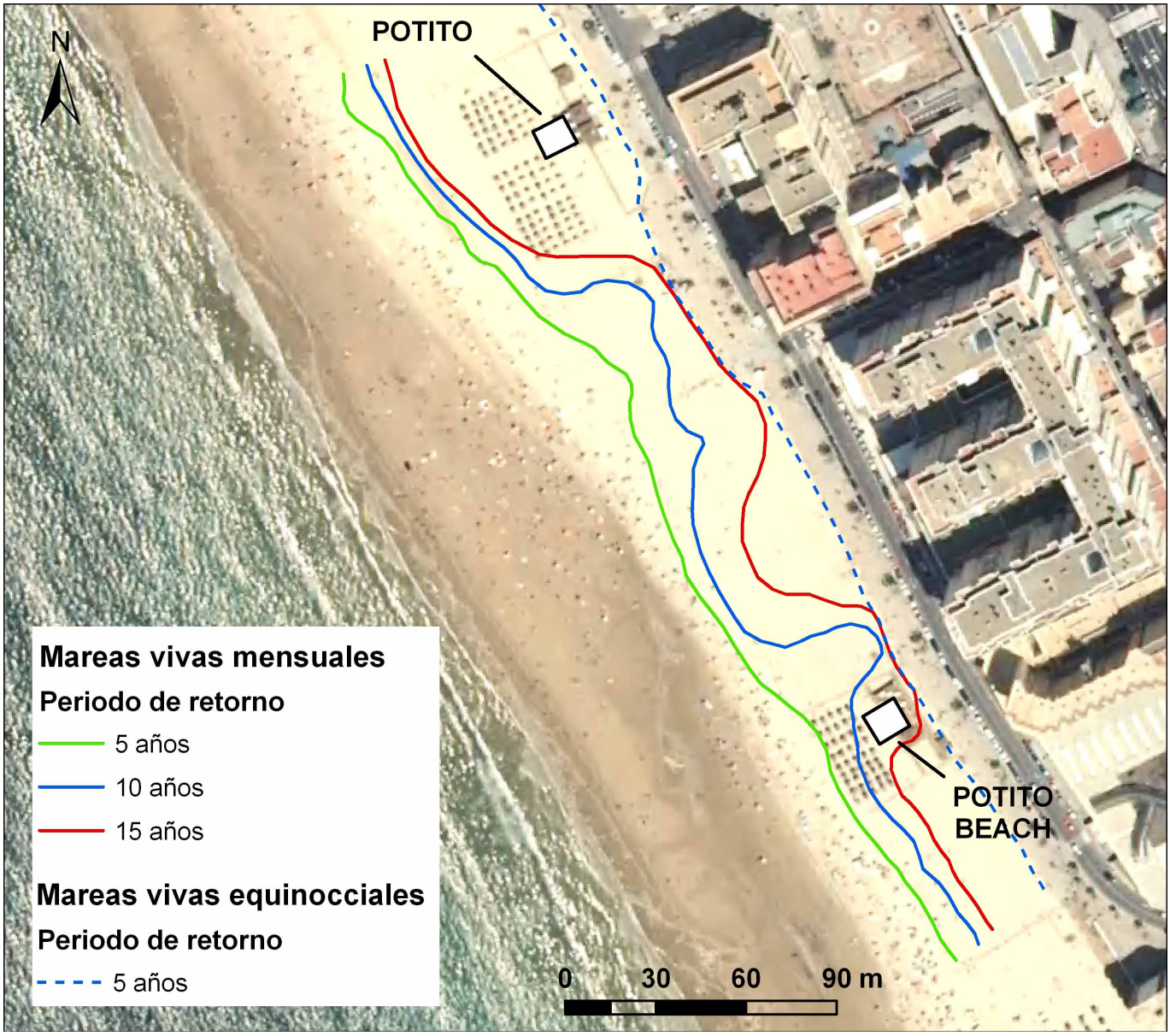
Por otro lado, a lo largo de toda la zona urbana la presencia de estructuras antrópicas sobre la playa, como las infraestructuras de servicios de playa o los chiringuitos, entra en conflicto con la mencionada dinámica natural. En este sentido, los daños sufridos por varias de estas instalaciones como consecuencia del oleaje y la marea meteorológica asociadas a la tormenta Emma, en marzo de 2018 (siguiente imagen), corroboran la situación de riesgo en la que se encuentran estas estructuras, situadas en área claramente inundable durante la época de temporales (imagen aún siguiente) (Montes et al., 2015), que en el área de estudio se extiende de octubre a marzo.

Por otra parte, al igual que el resto de costa arenosa del norte de la provincia de Cádiz, las playas de la ciudad están afectadas por la escasez de aportes sedimentarios. Las cuencas de los ríos Guadalquivir y Guadalete, principales fuentes de aporte de sedimento a la costa gaditana, han sido reguladas masivamente desde mediados del siglo pasado mediante la construcción de embalses, lo que ha reducido drásticamente la llegada de sedimentos a la costa. Como consecuencia, las playas de Cádiz muestran una tendencia general erosiva (Del Río, 2007).

Esta tendencia a la pérdida de sedimento ha sido paliada desde hace décadas mediante la realización de cuantiosas inversiones de forma periódica, principalmente obras de realimentación artificial de playas. Así, en 1991 se realizó en la playa de La Victoria la primera gran regeneración, en la que se vertieron sobre la playa 2.000.000 m^3 de arena procedentes del dragado de la canal de acceso al puerto de Cádiz, mientras que en Santa María del Mar se aportaron 300.000 m^3 de arena de la misma procedencia (Muñoz-Pérez et al., 2001). Desde entonces se han realizado numerosas realimentaciones en ambas playas, en los años 1997, 2000, 2004, 2009, 2010 y 2015, con una aportación total de más de 3 millones de metros cúbicos de arena y una inversión total que supera los 9 millones de euros (Muñoz-Pérez et al., 2001, 2014; Puig, 2016).



Inundación y daños en un establecimiento de restauración de la playa de La Victoria durante la tormenta Emma en marzo de 2018. (Fotografía: Diario de Cádiz)



Mapa de inundabilidad del sector central de la playa de La Victoria para distintas condiciones de marea con temporales de diversos periodos de retorno (Montes et al., 2015).

La costa de Cádiz y el cambio climático

La situación actual, en la que las playas de Cádiz están afectadas por los riesgos de erosión e inundación costera, podría empeorar en un futuro próximo como consecuencia del cambio climático. La tasa actual de ascenso del nivel del mar para la zona del Golfo de Cádiz está en torno a 1,5 mm/año (Marcos et al, 2011), si bien algunos estudios recientes advierten de una posible aceleración a escala mundial (Dangendorf et al., 2019) que según Bamber et al. (2019) podría incluso llevar a subidas de 2 m para finales de este siglo. Tal extremo implicaría la inundación de diversas zonas de la ciudad, no solo las más cercanas al mar como la franja de playas, sino también terrenos ganados al mar como el puerto, los astilleros o la Barriada de la Paz (imagen siguiente).



Recreación del impacto de una subida del nivel del mar de 2 metros en la Bahía de Cádiz. (Imagen: Alfredo Fernández)

Estos cálculos pueden resultar excesivos, pero incluso ascensos del nivel del mar menos extremos que los mencionados pondrían en riesgo la orla de playas de la ciudad, ya que la subida del nivel del mar implica un nivel medio del mar más alto sobre el que actúan el oleaje y las mareas (astronómicas y meteorológicas). Por tanto, incluso una subida moderada del nivel del mar conllevaría una mayor penetración en tierra de la cota de inundación en caso de temporales. Como se ha descrito anteriormente, en la ciudad de Cádiz la erosión y la inundación costera asociadas a temporales ya producen daños con el nivel del mar actual (imagen siguiente), por lo que en el marco del cambio climático la situación empeoraría significativamente.

A esto hay que añadir la posibilidad de que el cambio climático produzca un aumento en la frecuencia y/o intensidad de los temporales. En este sentido, las predicciones en España indican un incremento de la intensidad de los temporales en la costa Norte, y una disminución en su número e intensidad en la costa meridional (Menéndez et al., 2004). No obstante, estudios más recientes muestran en el último siglo un incremento estadísticamente significativo en el número de eventos extremos en el Golfo de Cádiz (Ribera et al., 2011), y un aumento de la erosión y la inundación en toda la costa española (Pérez et al., 2013). En la ciudad de Cádiz, incluso si los temporales no incrementan su intensidad o frecuencia, tendrán cada vez mayor impacto debido a las ya mencionadas subida del nivel del mar y falta de sedimento de las playas.



Ejemplos de impactos de temporales en las playas de Cádiz. A) Erosión en La Victoria en enero de 2010. B) Arrasamiento en La Victoria en enero de 2010. C) Erosión en La Victoria en mayo de 2016. D) Inundación en Cortadura en marzo de 2010.

Conclusión

La problemática asociada a la ocupación de ambientes tan dinámicos como las playas es significativa en la ciudad de Cádiz. Por ello, para afrontar las consecuencias del cambio climático se plantea la necesidad urgente de tomar medidas de prevención y adaptación adecuadas. Dichas medidas pasan por realizar mapas de inundación, implementar un sistema de alerta por temporales y

comenzar a estudiar la posibilidad de aplicar “soluciones verdes” para la protección del borde costero de la ciudad de Cádiz. Todo ello resulta imprescindible en un sector de costa como el de Cádiz, donde las peculiaridades fisiográficas y sociales impiden aplicar medidas drásticas como la retirada controlada. Estas medidas son ya necesarias tanto para mantener la actividad económica como para buscar la protección de las personas y los bienes que en la ciudad se encuentran.

Referencias

Alfonso, C. (2007), “Estrategia para la sostenibilidad de la costa: nuevo modelo de gestión de la franja costera”. *Ambienta: La revista del Ministerio de Medio Ambiente* 71, 20-26.

Alves, B., Benavente, J. & Ferreira, Ó. (2014). “Beach users’ profile, perceptions and willingness to pay in Cadiz (SW Spain)”. *Journal of Coastal Research* SI 66, 521-526.

Avila-Serrano, G.E., Santa Rosa del Río, M.A., Anfuso, G., Benavente, J., Guardado-France, R., González-Yajimovich, O. & Velázquez-González, E.K. (2009). “Sediment variations and littoral transport at La Victoria Beach, Cádiz, Spain”. *Ciencias Marinas* 35 (3), 259-269.

Bamber, J.L., Oppenheimer, M., Kopp, R.E., Aspinall, W.P. & Cooke, R.M. (2019). “Ice sheet contributions to future sea-level rise from structured expert judgment”. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 116 (23), 11195-11200.

Barragán, J.M. & De Andrés, M. (2015). “Analysis and trends of the world coastal cities and agglomerations”. *Ocean & Coastal Management* 114, 11-20.

Bird, E.C.F. (1985). *Coastline changes: A global review.* Wiley, Chichester.

Brenner, J., Jiménez, J.A., Sardá, R. & Garola, A. (2010). "An assessment of the non-market value of the ecosystem services provided by the Catalan coastal zone, Spain". *Ocean & Coastal Management* 53, 27-38.

Comisión Europea (2009). *The Economics of Climate Change Adaptation in EU Coastal Areas. Country overview and assessment*. Policy Research Corporation, Spain, 15 pp. http://ec.europa.eu/maritimeaffairs/documentation/studies/documents/spain_en.pdf

Dangendorf, S., Hay, C., Calafat, F.M., Marcos, M., Piecuch, C.G., Berk, K., & Jensen, J. (2019). "Persistent acceleration in global sea-level rise since the 1960s". *Nature Climate Change* 9, 705-710.

Del Río, L. (2007). *Riesgos de erosión costera en el litoral atlántico gaditano*. Tesis Doctoral, Universidad de Cádiz, 496 pp.

Del Río, L., Plomaritis, T.A., Benavente, J., Valladares, M. & Ribera, P. (2012). "Establishing storm thresholds for the Spanish Gulf of Cadiz coast". *Geomorphology* 143-144, 13-23.

Houston, J.R. (2013). "The economic value of beaches – a 2013 update". *Shore & Beach* 81(1), 3-11.

Marcos, M., Puyol, B., Wöppelmann, G., Herrero, C. & García-Fernández, M.J. (2011). "The long sea level record at Cadiz (southern Spain) from 1880 to 2009". *Journal of Geophysical Research* 116, C12003.

Menéndez, M., Méndez, F.J., Losada, I.J, Medina, R. & Abascal, A.J. (2004). "Variaciones del régimen extremal del clima marítimo en el litoral español en el periodo 1958-2001". En: *El clima entre el mar y la montaña* (García Codron, J.C. et al., Eds.). Asoc. Española de Climatología y Univ. Cantabria, Serie A, nº 4, Santander, p. 73-84.

Montes, J.B., Aranda, M., Benavente, J., Del Río, L. & Gracia, F.J. (2015). "El riesgo de inundación de los chiringuitos de playa ante el nuevo marco normativo costero. El caso de la Bahía de Cádiz". *Geotemas* 15, 157-160.

Muñoz-Pérez, J.J., López de San Román-Blanco, B., Gutiérrez-Mas, J.M., Moreno, L. & Cuena, G.J. (2001). "Cost of beach maintenance in the Gulf of Cadiz (SW Spain)". *Coastal Engineering* 42 (2), 143-153.

Muñoz-Pérez, J.J., Román-Sierra, J., Navarro-Pons, M., da Graça Neves, M. & del Campo, J.M. (2014). "Comments on "Confirmation of beach accretion by grain size trend analysis: Camposoto beach, Cádiz, SW Spain" by E. Poizot et al. (2013), Geo-Marine Letters 33(4)". *Geo-Marine Letters* 34(1), 75-78.

Pérez, J., Losada, I., Méndez, F., Menéndez, M., Izaguirre, C., Requejo, S., Abascal, A., Tomás, A. & Campus, P. (2013). "Flooding, erosion and coastal structures hazards on the Spanish coast". *Geophysical Research Abstracts*, Vol. 15, EGU2013-756.

Puig, M. (2016). *Análisis de las variables que controlan la evolución de la costa a corto-medio plazo. Aplicación a la Bahía de Cádiz*. Tesis Doctoral, Universidad de Cádiz, 192 pp.

Ribera, P., Gallego, D., Peña-Ortiz, C., Del Río, L., Plomaritis, T.A. & Benavente, J. (2011). "Reconstruction of Atlantic historical winter coastal storms in the Spanish coasts of the Gulf of Cadiz, 1929–2005". *Natural Hazards and Earth System Sciences* 11, 1-8.

Head Image: Vista aérea de la ciudad de Cádiz desde la playa de Cortadura. (Fotografía: Fotozenit)