



El efecto de las estructuras de defensa costera en las localidades de Mar Chiquita y Mar de Cobo, provincia de Buenos Aires

The effect of coastal protective structures in Mar Chiquita and Mar de Cobo, Buenos Aires province

San Martín, Laura¹ - Bunicontró, María P.² - Marcomini, Silvia C.² - López, Rubén A.²✉

Recibido: 1 de diciembre de 2014 • Aceptado: 11 de diciembre de 2014

Resumen

La zona localizada entre Mar de Cobo y Mar Chiquita presenta las mayores tasas de erosión del litoral atlántico de la provincia de Buenos Aires.

Esta zona costera evidenció, a lo largo del tiempo, un significativo retroceso de la línea de costa, pero también más recientemente, las estructuras construidas con la finalidad de mitigar los fenómenos erosivos, han contribuido con importantes modificaciones al sector costero, sin una planificación regional.

Las causas del proceso erosivo tienen origen natural, pero se han potenciado por distintas actividades humanas, que afectaron a la deriva litoral, desde la localidad de Mar del Plata a Mar Chiquita.

El presente trabajo tiene como finalidad, en primer lugar, realizar un relevamiento y caracterización de las estructuras de defensa costera, la evaluación del ambiente afectado en cada caso y su clasificación por clase funcional. En segundo lugar se propone una metodología sencilla para cuantificar el área de influencia de los espigones, que representan la obra de defensa más abundante en la zona, calculada a partir de la longitud del espigón y la extensión de las zonas de acumulación y erosión.

Finalmente, se demuestra que existe una relación cuantitativa entre la longitud de los distintos tipos de espigones y sus áreas de influencia, tanto al sur como al norte, según la deriva litoral y su interacción con la dinámica local.

Palabras clave: Manejo costero, erosión costera, clases funcionales, espigón.

1. Laboratorio de Ecología y Teledetección.
Universidad Nacional de San Martín

2. IGEBAs. Instituto de Geociencias Básicas, Aplicadas y Ambientales de Buenos Aires. Departamento de Geología, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires. Ciudad Universitaria, Pabellón II, C.P. 1428, Buenos Aires.

✉ rlopez@gl.fcen.uba.ar

Abstract

The area located between Mar de Cobo and Mar Chiquita shows the highest rates of erosion from the Atlantic coast of Buenos Aires province.

This coastal zone showed over time a significant retreat of the coastline, but also more recently, the structures built to mitigate the erosive phenomenon, have contribute with important changes, without any regional planning.

The causes of the erosive process have natural origin, but have been enhanced by different human activities that affected the littoral drift, from Mar del Plata resort to Mar Chiquita.

The present work aims, on one hand, to perform the survey and characterization of all the coastal protection structures, the evaluation of the local environment affected and its classification by functional class.

Secondly, a simple methodology is proposed to quantify the influence area of the most conspicuous structure in the area, the groins, calculated from the length of the groin and the extent of the erosion and accumulation areas. Finally, a quantitative relation is demonstrated between the length of the different type of groins and its influence area, both south and north, according to the littoral drift and its interaction with the local dynamics.

Keywords: Coastal management, coastal erosion, functional classes, groin.

INTRODUCCIÓN

El área de estudio comprende la zona costera de las localidades de Mar Chiquita y Mar de Cobo, ubicadas en la costa atlántica de la provincia de Buenos Aires, aproximadamente 40 km al norte de la ciudad de Mar del Plata, dentro del municipio de Mar Chiquita (Figura 1).

Los partidos costeros del este bonaerense han experimentado un importante crecimiento poblacional y del turismo desde la década de 1970 (Merlotto y Bértola, 2009). Particularmente, el partido de Mar Chiquita está económicamente dividido en dos sectores: el área mediterránea, basado principalmente en actividades agrícola-ganaderas, y la franja costera, basada en

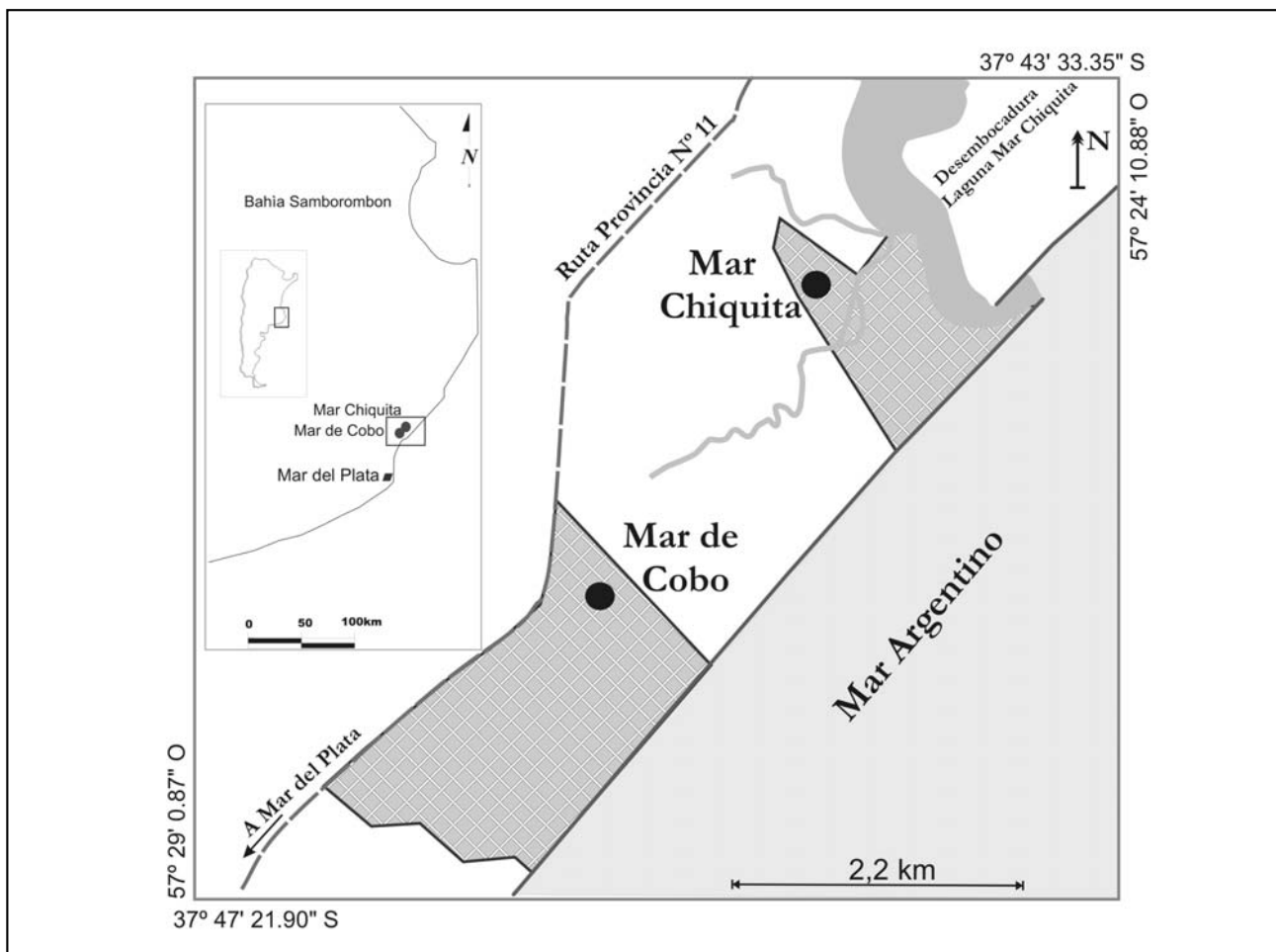


Figura 1. Localización del área de estudio.

el turismo. En este sentido, el Balneario Parque Mar Chiquita ha crecido notablemente desde la década de 1990 debido a las nuevas preferencias turísticas, por su gran diversidad natural y por haber sido asignada reserva de biósfera por la UNESCO en 1996 (Merlotto y Bértola, 2009). Uno de sus atractivos más significativos es la Albufera de Mar Chiquita, ubicada inmediatamente al norte de la localidad homónima. Posee una superficie de unos 45 km² y recibe el aporte de aguas dulces de la cuenca continental y de agua salada del mar, a través de sus canales de marea.

El clima de la región es templado a húmedo con precipitaciones abundantes todo el año y una amplitud térmica baja. Según el INTA (2008), la temperatura media anual es de 14,2° C con precipitaciones medias anuales de 930,6 mm. El régimen de mareas es micromareal mixto y semidiurno con amplitudes promedio de 0,91 m (SHN, 2011). La deriva litoral neta es de sur a norte con velocidades de entre 0,3 y 0,5 m/s, según Lanfredi et al. (1992). Los vientos más frecuentes son del N a 12 km/h y los más intensos son del SE, S y SO (NOAA, 2011).

La zona de estudio y sus alrededores se caracterizan por la presencia de sedimentos de edad plio-pleistocena y holocena. Las secuencias aflorantes en esta región del litoral bonaerense fueron agrupadas por Frenguelli (1945) en dos grandes series: Pampeano y Postpampeano. Los Sedimentos Pampeanos incluyen secuencias continentales y marinas consistentes en limos, areniscas y conglomerados con variable contenido de material carbonático. La unidad más relevante de esta secuencia es la Formación Santa Clara (Schnack et al., 1982), la cual está compuesta de limos arcillosos y arenosos y se encuentra bien representada en los acantilados de Santa Clara del Mar. En las localidades de Mar de Cobo y Mar Chiquita ha sido reconocida a través de perforaciones (Bunicontró, 2012). Los Sedimentos Postpampeanos han sido originalmente descriptos por Ameghino (1889) y suprayacen a los limos entoscados de los Sedimentos Pampeanos a través de una superficie de erosión. La unidad más relevante de esta secuencia es la Formación Mar Chiquita (Schnack et al., 1982) y sus depósitos corresponden a la transgresión marina holocena.

El paisaje ha sido modelado por procesos marinos, eólicos, fluviales y lacustres. Las morfologías costeras son diversas y en base a un estudio de detalle se pueden distinguir cinco Unidades Geomorfológicas: playa, campo de dunas, terraza de acreción marina, planicie de marea y ambientes asociados y planicie loésica, según San Martín (2012). Las playas están compuestas por arenas finas a medianas y presentan anchos variables entre 20 y 80 m en Mar de Cobo y entre 40 y 70 m en Mar Chiquita con pendientes menores a 1°. Se desarrolla, en las costas del sur de Mar de Cobo, una terraza de erosión marina de hasta 1,5 m de altura asociada a una plataforma de abrasión que puede alcanzar los 60 m de ancho. El campo de dunas presenta diversas morfologías eólicas y puede dividirse en activo e inactivo según la disponibilidad de arena, vegetación y desarrollo de suelos. A su vez, el desarrollo del campo de dunas costero, el cual presenta anchos de entre 5 y 80 m y alturas de hasta 6 m, está notablemente influenciado por el desarrollo de los sectores urbanos, en donde se encuentra particularmente más alterado y degradado. La planicie de marea en esta zona está representada por el canal de marea principal que conecta la laguna Mar Chiquita con el mar y por canales secundarios que atraviesan dicha localidad. La planicie loésica (ubicada a una cota de 5 m.s.n.m.) se desarrolla al oeste de la zona de estudio

y está separada del resto de las unidades costeras por la línea de paleocosta. En este sector, está atravesada por un único curso fluvial (Arroyo Los Cueros) que desemboca al sur de la localidad de Mar de Cobo (San Martín, 2012).

Uno de los principales problemas ambientales que se manifiestan en las áreas costeras urbanas y semiurbanas es la erosión costera, originada por la combinación de diversos factores naturales e incrementado principalmente por causas antrópicas. Entre las zonas más afectadas por la erosión costera se encuentra el Balneario Parque Mar Chiquita, con un retroceso promedio de la línea de costa de 299,01 m entre 1949 y 2007 según Merlotto (2007). De acuerdo a este autor, la magnitud del fenómeno erosivo se ha puesto en evidencia a lo largo de los años, por la pérdida de numerosos lotes y viviendas desde la fundación del balneario en 1949. El sector estudiado presenta altas tasas de retroceso costero que varían entre 5,16 m/año y 7 m/año en Mar Chiquita (Isla y Villar, 1992; Isla, 1997 y Merlotto y Bértola, 2007 y 2008), y entre 3,5 y 6 m/año en Mar de Cobo (Schnack et al., 1983; López y Marcomini, 2002). De esta manera, corresponden a esta zona los valores más altos de erosión de toda la costa atlántica de la provincia de Buenos Aires (Schnack et al., 1983). Numerosos trabajos han sido realizados en esta zona y localidades cercanas analizando la problemática de erosión costera, las medidas de defensa implementadas y sus efectos así como la dinámica litoral, tales como Tassara y García (2005), Isla (2006), Merlotto et al. (2008), Merlotto y Bértola (2009), Bunicontró et al. (2013), Bértola et al. (2013) y Verón y Bértola (2014), entre los más destacados.

Según Merlotto et al. (2008), las principales causas antrópicas asociadas al retroceso costero, que se adicionan a la característica erosiva natural de este sector, son:

- La disminución del aporte de material a la playa por deriva litoral debido a su interrupción por la instalación de obras de protección costera desde la ciudad de Mar del Plata hasta el área de estudio inclusive
- La extracción de arena de playa
- La alteración y degradación del campo de dunas por urbanización y fijación

Las dos primeras acciones alteran el balance de sedimentos afectando el suministro de arenas por deriva litoral a las playas, no sólo en el área donde son practicadas sino deriva abajo, constituyendo factores que actúan a una escala regional y de mediano a largo plazo (Merlotto y Bértola, 2008).

Las estructuras de defensa son abundantes en el área de estudio y llegan a dominar el paisaje costero, especialmente en los sectores urbanizados. Es por esto que el objetivo principal de este trabajo es realizar una descripción detallada de las diversas estructuras de defensa costera presentes en las localidades de Mar de Cobo y Mar Chiquita, y analizar luego específicamente la influencia sobre la dinámica costera de los espigones presentes, ya que constituyen el tipo de obra predominante. En este sentido, se intentará cuantificar el área de influencia en base a la longitud de los espigones y la extensión paralela a la línea de costa de las áreas de acumulación y erosión a su alrededor. Un antecedente de este tipo de análisis lo constituye el trabajo de Merlotto et al. (2008) quienes para determinar la influencia de los espigones en esta zona utilizaron la distancia entre la estructura y la primera línea de urbanización como un factor para categorizar el riesgo. En esta contribución, se analizará además la efectividad de dichos espigones en base a la extensión de las áreas antes mencionadas. Por otra

parte, se pretende establecer una serie de recomendaciones sobre el manejo de la zona litoral a fin de minimizar los efectos indeseados de las obras de defensa y hacer uso sustentable de los recursos naturales y turísticos costeros.

METODOLOGÍA

El relevamiento de la zona se realizó durante una campaña en enero de 2009, en la cual se midieron perfiles de playa transversales a la línea de costa mediante una Estación Total durante períodos de baja marea. En ellos se identifican distintos subambientes de playa (playa distal y frontal), dunas costeras, acantilados activos y plataformas de abrasión marina, entre las morfología más relevantes. Los perfiles fueron ubicados equidistantes entre sí, cada 400 metros aproximadamente, a partir de los cuales se calcularon parámetros tales como ancho y pendiente de las playas. Además, se tomaron aproximadamente 400 gramos de muestras superficiales de sedimento de los distintos subambientes de la playa (distal y frontal) que luego fueron secados, cuarteados y tamizados durante 15 minutos mediante Ro-Tap para su análisis granulométrico. Los datos obtenidos fueron utilizados para realizar gráficos de frecuencia porcentual y frecuencia acumulada de las distintas clases granulométricas con el objetivo de obtener parámetros estadísticos de las distribuciones (como moda, mediana, media, asimetría y curtosis) y determinar poblaciones de transporte (tracción, saltación y suspensión), respectivamente. Este análisis permitió caracterizar la granulometría de las playas de la zona de estudio y la dinámica de transporte litoral a nivel local.

En este trabajo se propone analizar la influencia de los espigones a partir de la medición en imágenes satelitales del área de afectación costera que generan, midiendo el largo de los mismos y la longitud de las áreas adyacentes afectadas, tanto de depositación como de erosión. Para ello se utilizaron imágenes satelitales de Google Earth de los años 2003 y 2010, debido a las importantes diferencias encontradas durante este período. La observación de fotografías aéreas de diversos años (1935, 1958, 1965 y 1981 de la Base Aeronaval Punta Indio y del Departamento de Geodesia de la Provincia de Buenos Aires) permitió un análisis evolutivo sobre el desarrollo de la urbanización, sobre los cambios geomorfológicos costeros más relevantes y la instalación de las diferentes estructuras de defensa costera.

MARCO TEÓRICO

Para analizar los tipos de estructuras presentes, se tomaron como base las cinco clases funcionales definidas por Pope (1997) para el manejo aplicado en Estados Unidos, que fueron adaptadas a la problemática costera presente en la provincia de Buenos Aires por López y Marcomini (2002). Según estos autores, las obras de defensa costera que se realizan en un determinado municipio dependen de las condiciones socioeconómicas del mismo y el acceso al asesoramiento idóneo con respecto a las condiciones naturales de la zona y las consecuencias ambientales de las obras. Las clases funcionales son: acorazamiento, moderación, restauración, abstención y adaptación. En el área de estudio se reconocieron principalmente obras correspondientes a dos clases funcionales de manejo costero: moderación y acorazamiento (Figura 2). Cabe aclarar que en la franja costera comprendida entre ambas localidades estudiadas, Mar de Cobo y Mar Chiquita (correspondiente a un tramo sin urbanización), no se observa ningún tipo de estructura u obra de defensa.

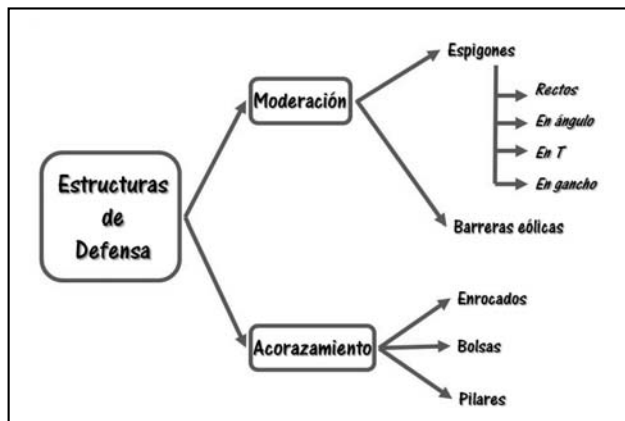


Figura 2. Tipos de estructuras de defensa presentes en las localidades de Mar Chiquita y Mar de Cobo en el relevamiento de 2009. Elaboración propia.

Las estructuras predominantes son de *moderación permanentes* y están presentes tanto en Mar de Cobo como en Mar Chiquita. Consisten en espigones rectos, en ángulo, en T y en gancho según su diseño y orden de abundancia (Figura 3). Cabe destacar que se encuentra en desarrollo, desde el año 2006, un plan de obras denominado “Protección y Estabilización del Frente Costero del Balneario Parque Mar Chiquita”, financiado por el Fondo Fiduciario Provincial, que contempla la construcción de cinco espigones con rompeolas (en T), de los cuales dos de ellos ya se encuentran finalizados. El objetivo de este tipo de estructuras es la recuperación de la playa en zonas de erosión crónica debido a la pérdida de disponibilidad de sedimentos. Los problemas asociados son:

- Subsistencia cuando se ubican sobre playas arenosas, debido al socavamiento y lavado de los bloques, generando una pérdida de altura y de la consecuente efectividad de la obra.
- Agravamiento de la subsistencia local, especialmente donde los sedimentos arenosos cubren planicies de marea arcillosas como en los sectores internos de la Laguna de Mar Chiquita.
- Subsaturación del flujo deriva abajo, generando erosión al norte de las estructuras.
- Colonización rápida de especies alóctonas adaptadas a fondos duros que compiten y condicionan el desarrollo de las especies de fondo blando.
- Cambios en los usos recreacionales de los subambientes de playa.

Por otro lado, se reconocieron estructuras de *moderación removibles* como barreras eólicas en dos sectores de la localidad de Mar Chiquita protegiendo construcciones particulares (Figura 3). Se utilizan para la reconstrucción de dunas costeras y playa y son temporarias.

En Mar Chiquita se han implementado también diversos tipos de *acorazamientos*, destacándose los enrocados (bloques y tetrápodos de hormigón), que se ubican generalmente entre espigones (Figura 3). Esta estructura, que se recomienda cuando el problema es por tormentas y no por erosión crónica, tiene como objetivo preservar el territorio por detrás de la línea del acorazamiento, sin considerar el efecto sobre la playa. Las consecuencias son:

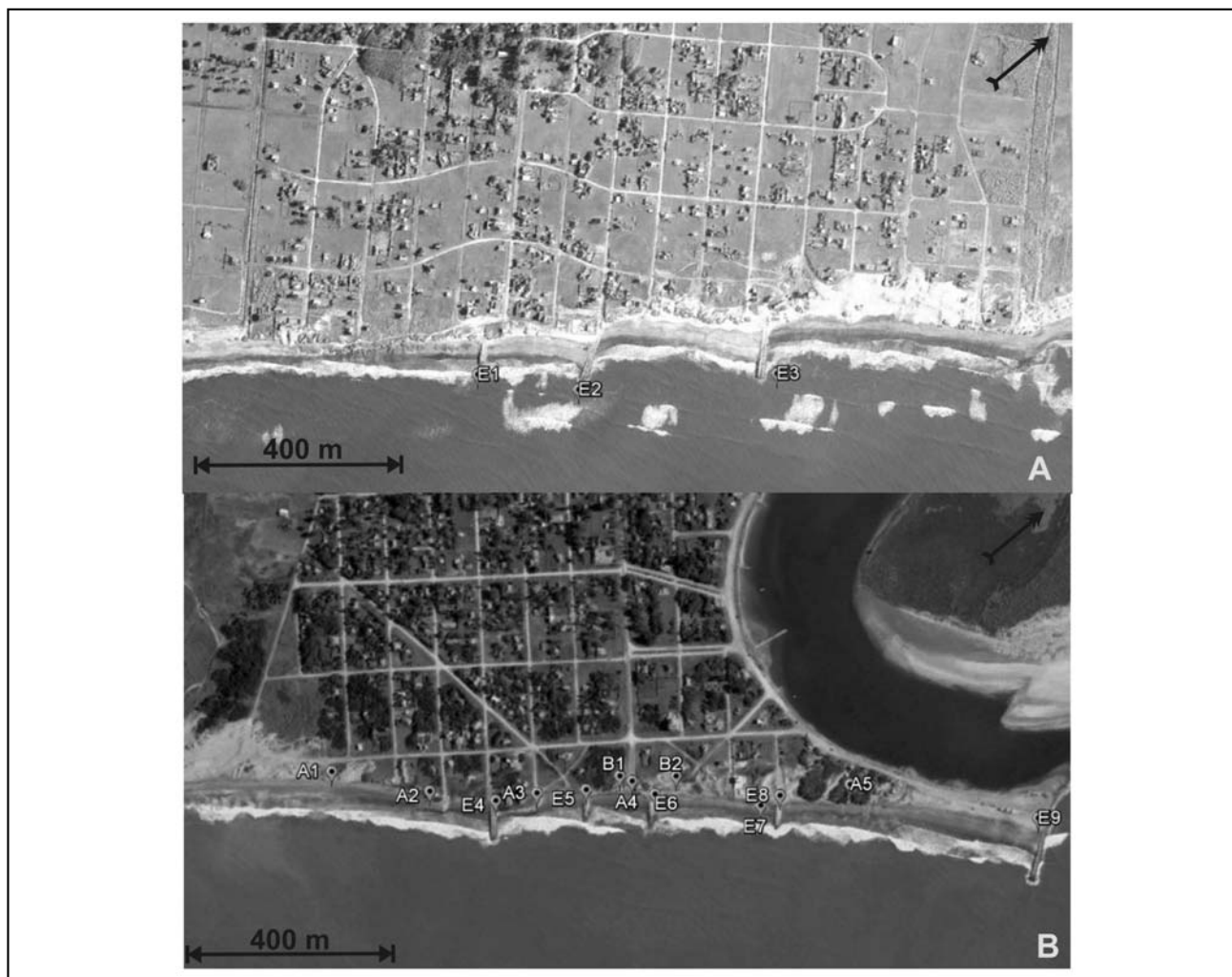


Figura 3. Mapa de ubicación de las estructuras de defensa costera en Mar de Cobo (3A) y Mar Chiquita (3B) según imagen satelital Google Earth de 2009. Espigones (E1 a E9), Acorazamientos (A1 a A5) y Barreras Eólicas (B1 y B2).

- Disminución del aporte de material de la duna o acantilado hacia la playa, con la consecuente subsaturación de sedimentos aguas abajo.
- Fenómenos de reflexión del oleaje que incrementan la altura de la ola y el perfil erosivo de la playa en la zona central.
- Socavamiento en los extremos de la estructura que generan pérdida de la estabilidad de la misma.
- Erosión diferencial entre sectores protegidos y no protegidos.

También se han tomado medidas de *adaptación (no estructurales)*. Entre ellas se pueden mencionar la sanción de la Ley N° 12.122 de la provincia de Buenos Aires en 1998 y a nivel municipal en 2004 de la Ordenanza N° 010/2004. La primera declara a las costas del litoral marítimo del partido de Mar Chiquita como zona de emergencia debido a la magnitud del fenómeno erosivo, mientras que la segunda suspendió por 180 días la aprobación de toda obra edilicia, la creación o modificación de una existente y la construcción de cercos en lotes para las parcelas aledañas a la costa atlántica en todo el partido (Merlotto et al., 2008).

RESULTADOS

Obras de manejo costero

En la Tabla 1 se presentan las estructuras observadas en la zona, de sur a norte, detallando: tipo, ubicación, longitud y medida en que afecta la dinámica costera. Se describe brevemente a continuación las principales características de las mismas.

Espigón 1. Con diseño recto, perpendicular a la línea de costa, posee una longitud de 46 metros. Debido a que no interactúa periódicamente con la rompiente (sólo en eventos extraordinarios o tormentas) no genera erosión ni acumulación en los sectores adyacentes (situación observada tanto en 2003 como en 2010). Presenta un área de afectación de 2,9 has en 2003 y 3,5 has en 2010. En este sector se ubica una terraza de abrasión marina descubierta y la duna está escarpada. No se desarrolla playa distal.

Espigón 2. Dispuesto en ángulo hacia el sur con respecto a la línea de costa, posee una longitud de 123 metros. En este sector, la duna costera se encuentra fijada por vegetación y está escarpada. Sobre la duna se localiza el Balneario La Baliza el cual se extiende sobre la playa distal y consiste en una

construcción totalmente apoyada sobre la arena (sin pilotes). Se distingue sobre la playa frontal una barra de lavado. Se evidencia el retroceso de la línea de costa por la comparación de una construcción que en 2003 se ubicaba sobre la duna costera y en 2010 se encuentra sobre la playa distal.

Espigón 3. Recto, posee 98 metros de longitud y afectaba un área de 2,2 has en 2003 y de 3,4 has en 2010. Aquí la duna costera presenta núcleos relícticos lo cual evidencia el retroceso de la línea de costa. Esta área presenta un límite septentrional de erosión definido por la presencia de una plataforma de abrasión que protege a la costa de este efecto.

Acorazamiento 1. Consiste en pilares, ubicados sobre la duna costera, colocados por un particular sobre el frente de una vivienda. Dichos pilares son alcanzados frecuentemente por la

marea durante las tormentas por lo que no cumple su función de protección de la línea de costa.

Acorazamiento 2. Está constituido por rocas y hexápodos de hormigón al pie de la duna, a lo largo de 50 metros en 2003 y extendido a 113 metros en 2010. Este tipo de acorazamiento sufre hundimiento y en aquellos sectores donde alcanza la zona de lavado es colonizado por organismos. La duna costera está parcialmente degradada y vegetada.

Espigón 4. Ubicado en una playa sin morfologías, la duna costera es relíctica y está vegetada. La longitud de la obra alcanza los 70 metros, con un área de afectación de 1,4 has en 2003. La zona de acumulación se mantiene en 2010 y la zona de erosión no puede medirse debido al acorazamiento 3.

Tabla 1. Detalle de las estructuras presentes en el área de estudio. Se detalla el tipo de estructura, ubicación y medida en la que cada estructura afecta la zona costera. Datos tomados en 2003 y 2010. Fuentes: Imagen satelital Google Earth 2003 y 2010 y Relevamiento de campo del 2009.

Localidad	Estructura	Tipo	Ubicación (calle)	2003				2009-2010			
				Extensión (m)	Longitud acumulación (m)	Longitud erosión (m)	Área total (ha)	Extensión (m)	Longitud acumulación (m)	Longitud erosión (m)	Área total (ha)
Mar de Cobo	Espigón 1	Recto	De las Torres y Cobo	46	No interactúa con la rompiente.			46	No interactúa con la rompiente.		
	Espigón 2	Ángulo	Cuyo	123	68	166	2,9	123	110	172	3,5
	Espigón 3	Recto	De la Baliza y De las Artes	98	142	87	2,2	98	169	173	3,4
Mar Chiquita	Acorazamiento 1	Pilares	B. Monteagudo	Sin datos				Ubicado en la duna costera.			
	Acorazamiento 2	enrocado	H. Vieytes y F. Ameghino	50				113	Se extendió hacia el sur		
	Espigón 4	Recto	D. Funes	70	67	140	1,4	70	67	No se puede medir	
	Acorazamiento 3	enrocado	D. Funes y A. Gallardo	176				92	Reducción por relleno		
	Espigón 5	Recto	A. Gallardo	54	No interactúa con la rompiente.			54	Desconectado		
	Acorazamiento 4	enrocado	A. Gallardo y Av. San Martín	Inexistente				66			
	Barrera 1	mediasombra	Av. San Martín	Sin datos				Sin mantenimiento			
	Desagüe		Av. San Martín	Sin datos				Cubierto por arena			
	Espigón 6	Recto	Av. San Martín y J. B. Alberdi	64	42	45	0,6	64	Desconectado		
	Barrera 2	Arpillera	J. B. Alberdi y E. Echeverría	Sin datos				En funcionamiento			
	Espigón 7	T	E. Echeverría	Inexistente				160	545	423	15,5
Espigón 8	Recto	E. Carriego	46	No interactúa con la rompiente.			46	Removido			
Acorazamiento 5	Bolsas	M. Moreno	Sin datos				25	Influido por Espigón 9			
Espigón 9	gancho - T	Desembocadura laguna	242	270		6,5	242	154		3,7	



Figura 4. Acorazamiento 3, compuesto por rocas y hexápodos de hormigón. Tomada durante el relevamiento de enero de 2009.



Figura 5. Barreras eólicas 1 y 2 (5A y 5B, respectivamente): la primera en estado de abandono, la segunda en funcionamiento. Tomada durante el relevamiento de enero de 2009.

Acorazamiento 3. Cubre el espacio entre los espigones 4 y 5. Está constituido por rocas y hexápodos de hormigón que se encuentran parcialmente hundidos y colonizados por organismos de fondos duros (Figura 4). En 2003 alcanzaba los 176 metros de longitud, con un sector recto y otro irregular debido a la erosión generada por el espigón 4 (zona acorazada posteriormente). En el 2010, debido al efecto de estructuras ubicadas hacia el norte (Espigón T), la parte norte de este acorazamiento fue cubierto por arena, quedando en funcionamiento una longitud de 92 metros aproximadamente. La duna costera está escarpada y seccionada, ya que se observan cimientos de construcciones. La pleamar diaria alcanza el enrocado mientras que la marea extraordinaria alcanza la escarpa de duna.

Espigón 5. Con diseño recto, posee 54 metros de largo y no interactúa con la rompiente. Por esta razón no generó zonas de acumulación ni de erosión. Se encuentra desconectado de la duna en el año 2010. La playa no presenta morfologías y duna costera está estabilizada y escarpada.

Acorazamiento 4. Ausente en 2003, alcanza unos 66 metros de longitud en 2010. Se encuentra protegiendo construcciones que han sido alcanzadas por la línea de costa en su retroceso.

Barrera 1. Ubicada entre el espigón 5 y el 6 consiste en una media sombra que constituye una barrera eólica provisoria delante de una construcción parcialmente derrumbada. Se encuentra fuera de funcionamiento desde 2009 (Figura 5A).

Desagüe. Ubicado en la intersección de la Av. San Martín (único acceso asfaltado) y la playa. Se encuentra cubierto por arena, sin rasgos de erosión asociados en la playa, por lo que se asume que está fuera de funcionamiento o bien que funciona sólo durante las tormentas.

Espigón 6. Con diseño recto, de 64 metros de longitud, presenta un área de afectación de 0,6 has en 2003. En 2010 se encuentra desconectado de la duna y sin interacción con la rompiente. En este sector la playa no presenta morfologías y duna posee núcleos relicticos vegetados.

Barrera 2. Sobre la duna costera, con disposición oblicua y fabricada con media sombra, presenta una funcionalidad provisoria (Figura 5B).

Espigón 7. Con diseño en T, el espigón 7 posee 160 metros de longitud y 150 metros de ancho, afectando un área de 15,5 has en 2010. Este espigón constituye el primero dentro del Plan de Protección y Estabilización del Frente Costero del Balneario parque Mar Chiquita (Figura 6). En este sector la actividad antrópica es muy intensa. La duna costera se encuentra modificada parcialmente para el desarrollo de estacionamientos y ha sido arrasada y urbanizada frente al Hotel Mar Chiquita. Allí se ubican también carpas sobre la playa para turismo, alrededor de las cuales se acumula arena durante el día y es removida manualmente durante el atardecer hacia otro sector de la playa. Hacia el norte hay una cantidad importante de escombros que generan zonas de acumulación

Espigón 8. Con diseño recto, presenta 45,7 metros de longitud en 2003. Según Merlotto y Bértola (2007) fue descrito hasta 2007 y no interactuaba con la rompiente. Actualmente no existe y se estima constituyó una fuente de escombros para la zona.

Acorazamiento 5. El quinto y último acorazamiento consiste en bolsas de arena y rocas ubicadas en el pie de duna. Se extiende por 25,4 metros. En este sector la duna se encuentra escarpada y vegetada con desarrollo de suelos. La playa no

presenta morfologías naturales y actualmente se ubica en la zona de acumulación del espigón 9.

Espigón 9. Ubicado en el extremo norte de la urbanización presenta un diseño en gancho y originalmente poseía 242 metros de longitud que afectaba 6,5 has como zona de acumulación (Figura 6). No presenta zona de erosión por ubicarse en la desembocadura del canal de la Laguna Mar Chiquita. En 2009 y como parte del Plan de Protección y Estabilización del Frente Costero del Balneario Parque Mar Chiquita, fue convertido en un espigón en T, con una extensión paralela a la playa de 100 metros, que alcanza las 3,7 has de afectación en 2010. El otro extremo del espigón, que correspondería al "gancho", ha sufrido destrucción parcial con respecto a la imagen de 2003. La disminución en el área de acumulación se debe a que la misma se encuentra ahora afectada por el área de erosión del Espigón 7 (en T). En este sector se ubica un paredón perpendicular al espigón a lo largo de la punta, que separa la costa de la playa de la costa del canal de la albufera. Hacia el océano, la playa no presenta morfologías naturales y la duna costera está constituida por la presencia de dunas incipientes en la playa distal.

Análisis de la influencia de los espigones

Con la intención de realizar un análisis comparativo entre estructuras, se utilizaron los datos de la imagen de 2003, debido a que la configuración actual como consecuencia de las obras realizadas hasta el 2010 sólo permite la comparación de dos estructuras en funcionamiento.

En primer lugar, se proponen tres categorías según la longitud de los espigones: menor de 60 metros, entre 60 y 90 metros y mayor a 90 metros. La frecuencia de los mismos se presenta en la Figura 7. En base a esto se observa que los espigones menores a 60 metros de longitud no presentan interacción con la rompiente, por lo cual no alcanzan a cumplir su función de acumular sedimentos y su área de influencia se reduce a la estructura en sí misma, al menos en momentos de marea normal.

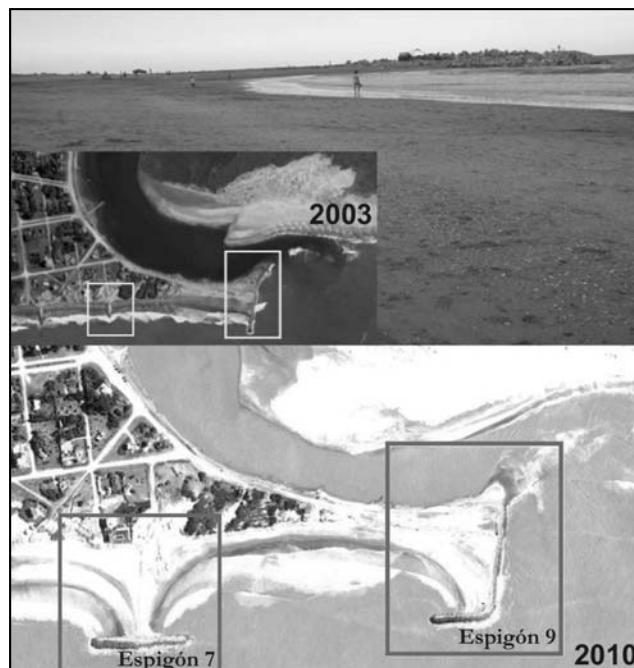


Figura 6. Espigón 7 y 9 en T. Comparación en imágenes satelitales Google Earth 2003 y 2010 junto a fotografía de campo tomada en la campaña de 2009 sobre el espigón 9. Se puede ver una importante modificación de las estructuras a lo largo de estos años.

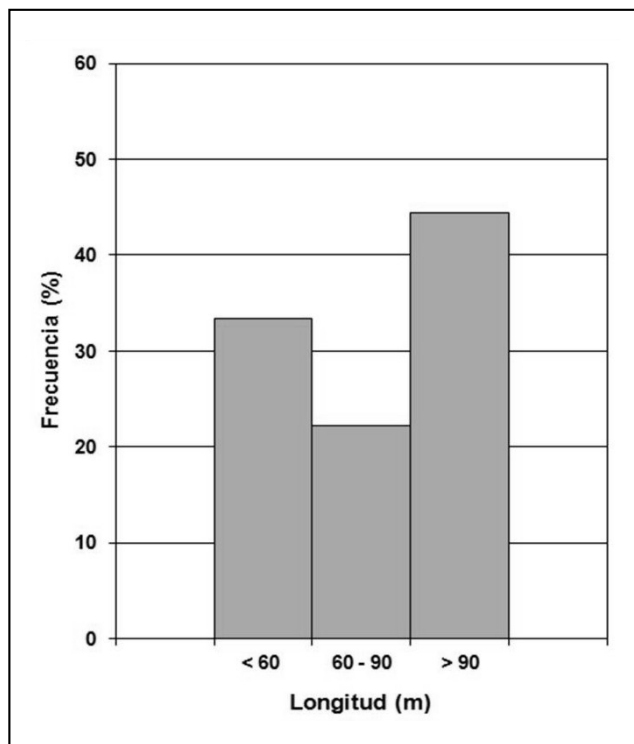


Figura 7. Frecuencia de espigones según su longitud en las localidades de Mar de Cobo y Mar Chiquita.

Luego, al analizar la relación entre la longitud de los espigones y la zona de influencia total (combinando la zona de acumulación y la de erosión) se observan diversos datos (Figura 8). Cabe aclarar que el valor del área de influencia del Espigón 7 corresponde a los valores tomados en 2010 mientras que el resto corresponden al 2003; debido a que para ese año el Espigón 7 no había sido construido. A priori los dos valores

más altos corresponden al Espigón 7 (en T) y al Espigón 9 ubicado en la punta (sólo área de acumulación). Su análisis permite establecer, en primer lugar, que el área de influencia del Espigón 9 no corresponde a la misma relación proporcional debido a que sólo tiene en cuenta la zona de acumulación y no la de erosión por su ubicación particular en la boca de la laguna. En segundo lugar, se observa claramente que el efecto del espigón en T es mucho mayor que uno recto u oblicuo de la misma longitud.

Posteriormente, descartando estos factores particulares (espigones en T) se analizaron el resto de los espigones a través de una regresión lineal. En este gráfico (Figura 9) se observa una proporcionalidad entre la longitud y el área de influencia total, que además permite dividir los espigones en tres grupos, según la pendiente de la curva. El primer grupo son los espigones que no interactúan con la rompiente y se ubican sobre el cero de área de influencia. Un segundo grupo presenta una pendiente alta, ubicándose el quiebre entre ambas en 61 metros. Finalmente, el tercer grupo posee una pendiente más tendida que el anterior, cuyo quiebre se ubica en los 70 metros. Esto indica que la variación de longitud de un espigón menor a 70 metros modifica el área de influencia en mayor medida que la variación de longitud de un espigón mayor a 70 metros.

Para determinar la efectividad de estas obras, se comparó la extensión del área de acumulación y de erosión de cada estructura en relación a su extensión (Figura 10). En la mayoría de los casos, la zona de erosión es mayor que la de acumulación, lo cual puede deberse a la poca cantidad de sedimentos transportados por la deriva litoral que es de 0 a 25.000 m³/año entre Santa Clara y Mar Chiquita (Merlotto *et al.*, 2008). Las excepciones son el Espigón 7, debido a su configuración en T y el Espigón 3, debido a su ubicación en una zona de duna costera ancha con afloramientos y con una plataforma de abrasión en forma de cabo hacia el norte, el cual genera acumulación de sedimentos.

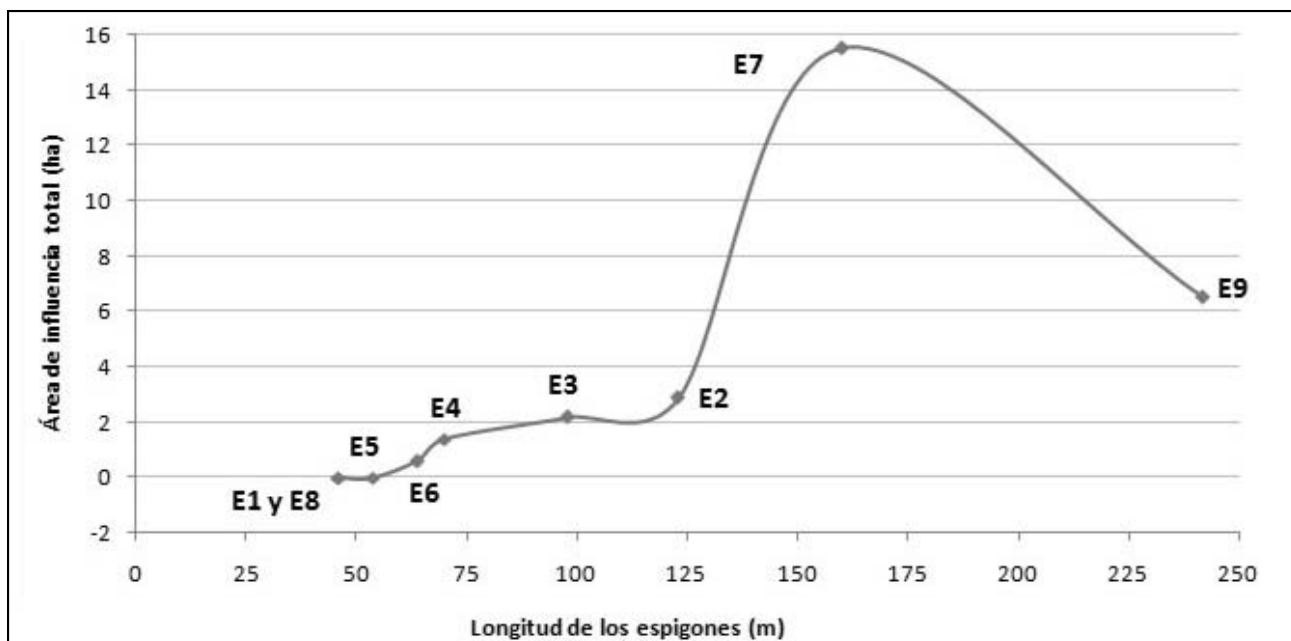


Figura 8. Relación entre la longitud y el área de influencia total (área de acumulación más área de erosión) de cada espigón para el año 2003, con excepción del Espigón 7, para el cual se muestran los valores del 2010.

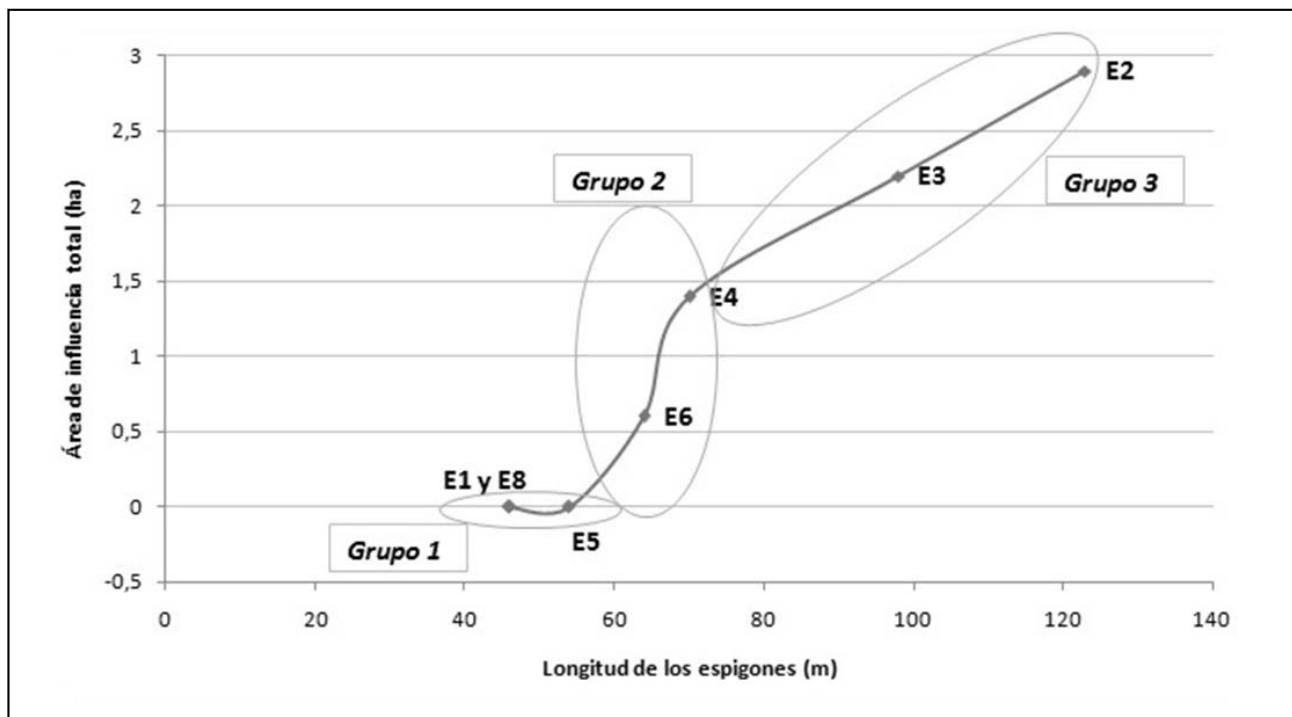


Figura 9. Relación entre la longitud de los espigones rectos y oblicuos y su área de influencia total en el 2003, sin considerar aquellos en T (Espigón 7 y 9). Se observa la tendencia creciente y se diferencian tres grupos según la pendiente de la curva.

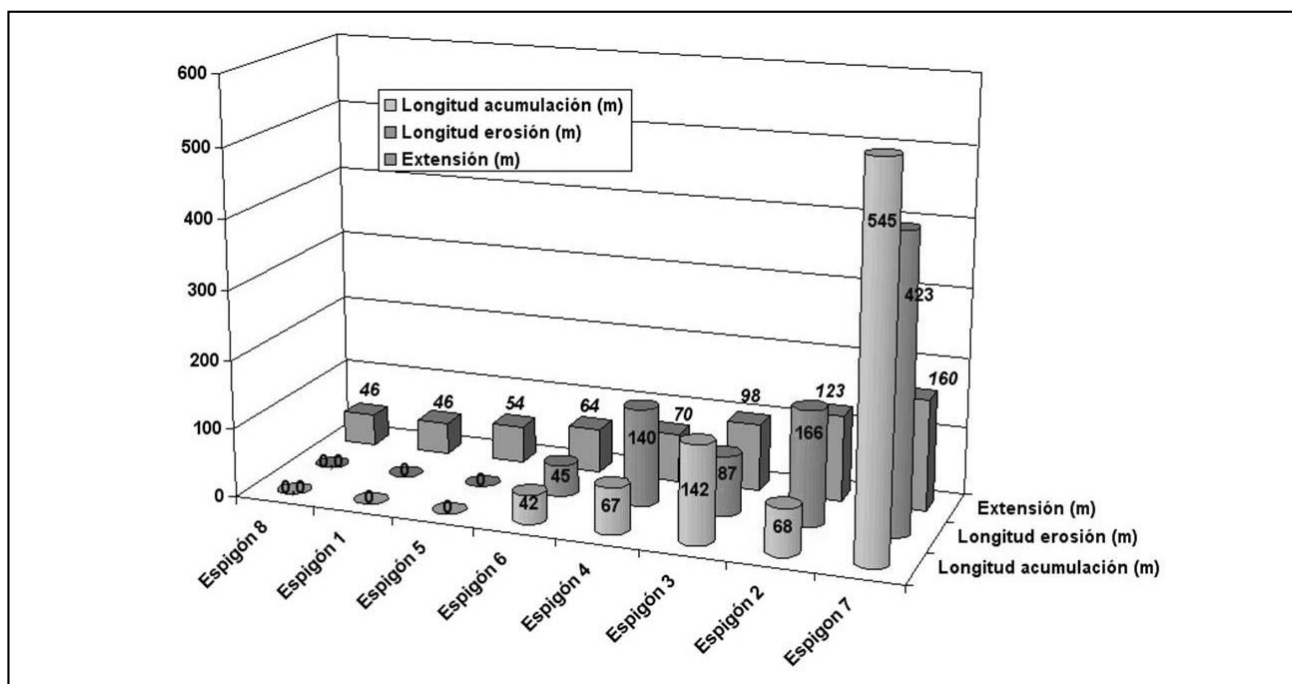


Figura 10. Relación entre la longitud el sector de acumulación y de erosión de cada espigón y la longitud de los mismos.

CONCLUSIONES

Debido a la gran demanda turística de las localidades de Mar de Cobo y Mar Chiquita es que se vuelve indispensable la implementación de medidas tendientes a minimizar la erosión costera que afecta la zona. Originalmente natural, la erosión costera y el retroceso de la línea de costa son actualmente potenciados por el avance de las urbanizaciones y estructuras de defensa

de las localidades ubicadas al sur del área de estudio. Tras un detallado análisis de las estructuras de defensa instaladas en la costa estudiada se logró demostrar una relación cuantitativa entre la longitud de los diversos espigones y las áreas de influencia adyacentes, tanto de depositación hacia el sur como de erosión hacia el norte, según la dirección y sentido de deriva litoral y su interacción con la dinámica local. Se observa que existe una

tendencia creciente respecto a la longitud y al área de influencia. Sin embargo, debe considerarse que debido a las diferencias de diseño de los espigones varía su capacidad de acumular sedimentos. Por lo tanto, se puede establecer que la longitud de los espigones es un buen parámetro para cuantificar su influencia, siempre que sean del mismo tipo. Los espigones en T, deben ser considerados en forma particular y separadamente debido a su mayor efecto respecto de los demás y a su doble carácter acumulativo; por interrupción de la deriva litoral y por la difracción de los trenes de ola en los extremos de la T.

Por otra parte, se observa que pese a que el área de influencia se incrementa con el aumento de la longitud de los espigones, la efectividad de deposición no es proporcional al aumento de la longitud. Esto se debe a que el área de influencia de cada espigón está afectada por la zona erosiva deriva abajo generada por él inmediatamente al norte, lo cual permite interpretar una disminución de la eficiencia de cada una de las obras consecutivas.

En base a lo expuesto y a la intensa modificación del paisaje observada a lo largo de los últimos años, es que se proponen recomendaciones tendientes a alcanzar un plan de manejo costero en la zona que permita el uso sustentable de los recursos. Por un lado, es importante considerar que la instalación de espigones tiene un impacto positivo muy localizado, al sur de

la estructura, mientras que hacia el norte el proceso erosivo continúa y se incrementa.

Las medidas de acorazamiento, como enrocados, no son efectivas si los mismos están dispuestos al pie de duna o sobre la playa, sin presencia en superficie de un sustrato consolidado. Deberían implementarse sólo al pie de acantilados con alto retroceso pero teniendo en cuenta que obstruye el aporte de sedimentos a la deriva litoral, provenientes de los acantilados activos. Por otro lado, es de suma importancia el mantenimiento de las estructuras ya instaladas, sobre todo aquellas más susceptibles de ser deterioradas como las barreras eólicas transitorias o removibles.

Finalmente, resulta fundamental considerar la implementación de medidas no estructurales tales como de adaptación o de abstención en zonas donde la problemática de erosión es severa y no es factible la instalación de estructuras duras. Es importante la comunicación con la población, la concientización sobre dicha problemática y la posibilidad de establecer un plan de ordenamiento territorial a nivel municipal que restrinja nuevos asentamientos sobre los primeros metros del frente costero y ordene la relocalización de aquellas viviendas con mayor riesgo. Es necesario, entonces, el desarrollo de un plan de manejo costero integrado que incluya toda la franja costera del sudeste bonaerense y contemple la continuidad de dichas medidas en el tiempo con una planificación a largo plazo.

TRABAJOS CITADOS EN EL TEXTO

BÉRTOLA, G., 2006.

Morfodinámica de playas del sudeste de la Provincia de Buenos Aires (1983 a 2004).
Revista de la Asociación Argentina de Sedimentología 13 (1): 31-57.

BÉRTOLA, G., MERLOTTO, A., CORTIZO, L. E ISLA, F., 2013.

Playas de bolsillo en Mar Chiquita, provincia de Buenos Aires.
Revista de la Asociación Geológica Argentina. Buenos Aires. 70 (2): 267-278.

BUNICONTRO, M. P., 2012.

Geología, dinámica costera y ordenamiento territorial en Santa Clara del Mar, Municipio de Mar Chiquita, provincia de Buenos Aires.
Tesis Final de Licenciatura. Universidad de Buenos Aires. 158 p. *Inédito.*

BUNICONTRO, M. P., MARCOMINI, S. C. Y LÓPEZ, R. A., 2013.

Zonificación de la erosión costera en la localidad de Santa Clara del Mar, provincia de Buenos Aires.
Revista de Geología Aplicada a la Ingeniería y al Ambiente. N° 31. pp. 1-15.

FRENGUELLI, J., 1945.

Las diatomeas del Platense.
Revista del Museo de La Plata, 3 Paleontología 16: 77-221.

INSTITUTO DE TECNOLOGÍA AGROPECUARIA (INTA), 2008.

Proyecto SIG Suelos de la República Argentina y Estadísticas Agroclimáticas.
Serie 1971-2000. www.geointa.inta.gov.ar Último acceso diciembre de 2011.

ISLA, F., 1997.

Seasonal behaviour of Mar Chiquita tidal inlet in relation to adjacent beachffhes, Argentina.
Journal of Coastal Research, 13(4): 1221-1232.

ISLA, F. Y VILLAR, M., 1992.

Ambiente Costero. Pacto ecológico.
Universidad Nacional de Mar del Plata - Senado de la Provincia de Buenos Aires, La Plata.

ISLA, F. I., 2006.

Erosión y defensas costeras.
En: Isla F. I. y Lasta C. A. (eds.), Manual de Manejo Costero para la Provincia de Buenos Aires. EUDEM, Mar del Plata, pp. 125-147

- LANDREDI, N. W., POUSA, J. L., D'ONOFRIO, E. E., 1992.
Wave-power potential along the coast of the Province of Buenos Aires, Argentina.
Energy 17 (11): 997-1006.
- LÓPEZ, R. Y MARCOMINI, S., 2002.
Pautas para el manejo en costas acantiladas y de dunas, Provincia de Buenos Aires.
Revista de Geología Aplicada a la Ingeniería y al Ambiente, 18: 59-68.
- NOAA (NATIONAL OCEANIC AND ATMOSPHERICS ADMINISTRATION), 2011.
Previsiones Climáticas.
Modelos WAVEWATCH III. Disponible online en www.windnguru.cz.
- MERLOTTO, A. Y BÉRTOLA, G., 2007.
Consecuencias socio-económicas asociadas a la erosión costera en el Balneario Parque Mar Chiquita, Argentina.
Investigaciones Geográficas (Esp), Núm. 43, sin mes, 2007, pp. 143-160. *Universidad de Alicante, España.*
- MERLOTTO, A. Y BÉRTOLA, G., 2008.
Evolución urbana y su influencia en la erosión costera en el balneario parque Mar Chiquita, Argentina
Papeles de Geografía, Núm. 47-48, enero-diciembre, 2008, pp. 143-158 *Universidad de Murcia, España.*
- MERLOTTO, A., VERÓN, E., SABULA, F., 2008.
Riesgo de erosión costera en el Balneario Parque de Mar Chiquita.
Párrafos Geográficos (7)1: 103-121.
- MERLOTTO, A. Y BÉRTOLA, G., 2009.
Evolución de la línea de costa en el Balneario Parque Mar Chiquita, Argentina.
Ciencias Marinas. 35 (3): 271-286.
- POPE J., 1997.
Responding to coastal erosion and flooding damage.
Journal of Coastal Research, 13(3), 704 – 710.
- SAN MARTÍN, L., 2012.
Erosión y manejo costero en Mar Chiquita y Mar de Cobo, provincia de Buenos Aires, Argentina.
Tesis Final de Licenciatura, Universidad de Buenos Aires. 320 p. Inédito.
- SERVICIO DE HIDROGRAFÍA NAVAL (SHN), 2011.
Centro Argentino de Datos Oceanográficos (CEADO).
<http://www.hidro.gov.ar/ceado/EfMdp.asp> Último acceso diciembre de 2011.
- SCHNACK, E., FASANO, J. E ISLA, F., 1982.
The evolution of Mar Chiquita lagoon coast, Buenos Aires province, Argentina.
In: Holocene Sea Level Fluctuations, Magnitude and Causes (Colquhoun, D. J., ed) IGCP – INQUA, 143-155.
- SCHNACK, E., ÁLVAREZ, J. Y CIONCHI, J., 1983.
El carácter erosivo de la línea de costa entre Mar Chiquita y Miramar, Provincia de Buenos Aires.
Simposio Oscilaciones del nivel del mar durante el último hem ciclo deglaciar en la Argentina, INQUA, Mar del Plata. Actas pp. 118-130.
- TASSARA, D. Y GARCÍA, M., 2005.
Erosión marina, vulnerabilidad e impactos antrópicos en el sudeste bonaerense (Municipio de Mar Chiquita, provincia de Buenos Aires, Argentina).
Revista Tiempo y Espacio. Universidad del Bio-Bio. Chile. Año 12, N° 5.
- VERÓN, M. Y BÉRTOLA, G., 2014.
Transporte Potencial Litoral Marino de sedimentos en las costas de la provincia de Buenos Aires, Argentina.
Revista de la Asociación Argentina de Sedimentología. Buenos Aires (en prensa).