

EVALUACIÓN DE LA EROSIÓN LINEAL COSTERA EN LA CIUDAD DE LECHERÍA, ESTADO. ANZOÁTEGUI*

Evaluation of Coastal Linear Erosion in the City of Lechería,
Anzoátegui State, Venezuela

Mortimer David Capriles Verdi

RESUMEN

La determinación de los cambios morfológicos en la costa de Lechería se realizó mediante el análisis de las primeras fotografías aéreas disponibles, que datan del año 1945 hasta las más actuales correspondientes a 1999. La comparación mediante un SIG de fotografías aéreas blanco y negro, permitió determinar la pérdida de 29,87 ha y 3,32 ha de playas en los años 1980 y 1999 respectivamente, así como la disminución de 6,35 ha para el periodo 1945-1980 y de 51,34 ha durante el lapso 1980-1999 en la superficie de Lechería. Al analizar el comportamiento de la dinámica costera se comprobó que las causas del proceso de erosión la constituyen, en primer lugar el Tómbolo de El Morro, por haber interrumpido el paso de sedimentos desde la Bahía de Pozuelos hacia la Bahía de Barcelona y la migración de la desembocadura del río Neverí hacia el sur, que ahora deposita su gasto sólido en las costas de Barcelona.

PALABRAS CLAVE: Geomorfología costera, variaciones espacio temporales, erosión costera, Lechería.

* Recibido: 28-11-2006. Aceptado: 28-02-2007.

ABSTRACT

The determination of morphologic changes in the coast of Lechería was carried out through the analysis of the first aerial photographs available which date back to 1945 up to the most recent in 1999. The comparison through a GIS of aerial black and white photographs allowed us to determine the loss of 29.87 hectares and 3.32 hectares of beaches in the years 1980 and 1999 respectively. Also the decrease of 6.35 hectares for the period 1945-1980 and 51.34 hectares during the period 1980-1999 in the surface of Lechería. Upon analysing the behaviour of coastal dynamics, it was verified that the causes of the process of erosion were , in first place, the Tómbolo del Morro because of the interruption of the passage of sediments from Bay of Pozuelos to Bay of Barcelona, and secondly, the migration of the outlet of Neverí River to the south, sedimenting its solid expense in the coasts of Barcelona.

KEY WORDS: Coastal geomorphology, space-time variations, coastal erosion, Lechería.

PRESENTACIÓN

En los últimos cuarenta años el crecimiento urbano experimentado en las ciudades de Barcelona y Puerto La Cruz ha provocado la demanda de áreas residenciales, que en conjunto con la existencia de atractivos turísticos costeros en Lechería y resto del estado Anzoátegui, convierten a la ciudad mencionada en el sitio ideal para el asentamiento de importantes actividades tales como la turística y la comercial. No obstante, todo este proceso de urbanismo se ha desarrollado sin tomar en cuenta la acción de las variables ambientales de espacios tan dinámicos como los marino-costeros (Marichal, 2005), caracterizados

por ser socialmente muy demandados y escasos, generándose así una gran tensión antrópica y cambios geomorfológicos que afectan actualmente a la población e infraestructuras ubicadas en dicho espacio.

Para analizar los cambios morfológicos en los espacios marino-costeros es necesario considerar aspectos como el clima, la dinámica oceanográfica, la hidrografía, geomorfología, geología y batimetría, de manera que al ser interrelacionados se pueda comprender el funcionamiento geomorfológico del área de interés y las causas que han desencadenado los actuales procesos morfológicos costeros. Por medio de la fotointerpretación, se calculó el retroceso de la línea de costa para cada período de tiempo seleccionado y se estableció la tasa de erosión lineal con la finalidad de evaluar la magnitud del proceso erosivo antes mencionado en la ciudad de Lechería, estado Anzoátegui.

Para definir las técnicas empleadas en la presente investigación se llevó a cabo una importante revisión documental de metodologías aplicadas para este tipo de estudios, en países como España, México y Colombia, entre otros, así como consultas a expertos en el área, como es el caso del personal que forma parte de la empresa INCOSTAS y profesores de la Escuela de Geografía de la Universidad Central de Venezuela, que sirvieron de sustento teórico para la determinación de los cambios morfológicos en la costa.

ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

Canto y Paskoff (1983) caracterizan desde un punto de vista geomorfológico las playas de Algarrobo, La Chépica, Tralca, Cartagena y Lollole, en Chile Central, analizando las formas originales de tipo rítmico y los cambios estacionales que ocurren en el estrán a través del uso de fotografías aéreas de distintos años, conjuntamente con cartas topográficas, estudios morfométricos del terreno y muestreos de sedimentos, dando como resultado que las playas parecen encontrarse

en equilibrio e incluso en ensanchamiento producto de su condición geográfica privilegiada, lo que permite una alimentación abundante de la costa en materiales detríticos gracias a la voluminosa carga aluvial que llega hasta la orilla del mar. Permite observar un caso poco común en relación con el de la mayoría de las costas del mundo, debido a que éstas sufren ensanchamiento. Asimismo, la costa de Chile central está directamente influenciada por un río, pero que a diferencia del río Neverí se encuentra poco intervenido, lo que constituye un ejemplo de este tipo de áreas en donde las playas no sufren de problemas de erosión.

La Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en América Latina (1996) lleva a cabo un análisis entre las relaciones existentes entre desastres y degradación ambiental, tomando como premisa fundamental el hecho de que no hay sinergia entre las instituciones encargadas de llevar la gestión de fenómenos naturales que afectan a la población y la gestión del ambiente urbano, lo que genera grandes problemas ya que son evidentes las relaciones existentes entre la degradación ambiental y las fragilidades urbanas frente a amenazas naturales, haciéndose necesario una visión integral del asunto.

Otro caso de estudio revisado es el de erosión costera en varias ciudades de Brasil que sufren graves problemas ambientales y a su vez están siendo castigadas por este evento en sus costas, lo que genera pérdidas económicas por la alteración de infraestructuras de servicio y vialidad.

El programa de acción sobre los pequeños estados insulares en desarrollo, llevado a cabo por las Naciones Unidas (1999), pone en práctica técnicas para la caracterización de las principales causas que han provocado problemas de erosión costera y daños a la infraestructura, generando la desaparición de arrecifes, manglares, fondos marinos y playas en islas como Antigua, Dominica, Granada, Saint Kitts, Nevis, Santa Lucía, San Vicente y las Granadinas, las cuales poseen una vocación turística. Adicionalmente, el estudio de las causas está permitiendo la aplicación de técnicas de recuperación de las áreas afectadas.

Un estudio reciente es la propuesta para el manejo integrado de las zonas costeras a partir de la revisión del Código Nacional de los Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente y la normatividad vigente en Colombia, (Navarrete, 2004) que refleja un diagnóstico de la situación de los ambientes marinos costeros colombianos y los impactos generados por la actividad turística, destacando que esa área, conjuntamente con los sistemas hídricos, es la receptora de todos los resultantes ambientales de los procesos naturales y antrópicos de la región Andina. La investigación permite observar los esfuerzos llevados a cabo en Colombia para la elaboración de diagnósticos de zonas costeras que sirvan de herramienta para disminuir los problemas ambientales que más aquejan a la población y a la actividad turística.

Tran (2000), llevó a cabo una proyección aproximada de la costa oriental de Venezuela desde Higuero hasta Barcelona, para un periodo de cincuenta años, a fin de generalizar las áreas que podrían estar en peligro y establecer una zona de seguridad que se debería respetar para el establecimiento de desarrollos humanos, basándose en el uso de la Fórmula Queens y en el manejo de cartografía digital mediante Sistema de Información Geográfica, con lo cual se sectorizaron las áreas con erosión y/o progradación, determinando los metros potencialmente erosionables de playas.

Por otra parte, Pacheco y Suárez (2004) cuantifican el tiempo y espacio de los cambios en la posición en la línea de costa en el sector de la laguna de Unare en el estado Anzoátegui, por medio de mediciones fotogramétricas, con coberturas aerofotográficas de distintos años, obteniendo como resultado un retroceso en la línea de costa de 150 metros aproximadamente, entre 1961 y 1980, como efecto combinado de factores y elementos naturales antrópicos de carácter local y/o regional, entre los que cabe mencionar la construcción de 18 presas en los últimos 15 años, generando erosión de playas, con retrocesos en las líneas de costas y afectaciones a la infraestructura existente por socavación de sus bases. Es así como los cambios morfológicos en la laguna de Unare son en gran parte debido a la instalación de presas, al

igual que en el caso de Lechería, en donde dichas infraestructuras instaladas en la cuenca del Neverí han generado impactos negativos en la costa.

Marichal (2005), hace un estudio sobre los potenciales impactos que podrían afectar el ambiente marino-costero en la localidad de Santa Rosalíta, Baja California, México, a partir de la construcción y puesta en funcionamiento del proyecto denominado Escalera Náutica. Señala el estudio, lo sensible que son los ambientes marino costeros y todos los aspectos que podrían ser afectados al intervenir dicho sistema, este estudio desarrolla propuestas de manejo de áreas costeras y una guía de buenas prácticas de manejo, inexistentes hasta la fecha en México. También determinar los potenciales impactos sobre esa localidad costera, a partir de la construcción de varias obras de infraestructuras, lo cual orienta sobre los posibles factores que podrían estar acentuando el proceso de erosión costera en el litoral de Lechería.

En Venezuela, y más específicamente en la ciudad de Lechería se carece de información actualizada de dinámica costera, por lo que el Plan de Desarrollo Urbano Local de Barcelona-Puerto La Cruz (1983) es una referencia obligada, debido al diagnóstico que se realiza de dicha conurbación, en cuanto a la problemática de las variaciones morfológicas en la costa de la bahía de Barcelona, y las intervenciones antrópicas al río Neverí.

METODOLOGÍA EMPLEADA

Se llevó a cabo una recolección de material bibliográfico y cartográfico en instituciones públicas y privadas, en Caracas y la conurbación Barcelona-Lechería-Puerto La Cruz-Guanta, como registros históricos de la línea de costa, que aparecen reflejados en el Estudio de Factibilidad de Navegación en la boca del río Neverí (INCOSTAS, 1981) donde se hace alusión a una erosión de la línea de costa superior a los 100 metros para el año 1945, según cartas náuticas, mapas de topografía, hidrografía, batimetría y oleaje.

La determinación de los cambios morfológicos en la costa de Lechería se llevó a cabo por medio del análisis detallado de cada una de las variables que conforman el aspecto físico natural, y son: clima, geología, batimetría, oleaje, hidrografía y geomorfología. Tales variables fueron interrelacionadas, permitiendo comprender el funcionamiento del sistema marino-costero en el sitio, y determinar así las causas que generaron dichas variaciones morfológicas. Se emplearon fotografías aéreas con fecha del año 1945 hasta las más actuales correspondientes al año 1999, lo que permitió estudiar los cambios morfológicos en la costa de Lechería en un espacio temporal lo suficientemente largo (54 años) para determinar las variaciones en la línea de costa a largo plazo y no fenómenos particulares de un momento dado, esto permite comparar el área de estudio sin intervenciones en el año 1945, medianamente intervenida en 1980 y con una intervención casi total en 1999, llevando así un registro de lo ocurrido en esa zona.

Las mediciones se llevaron a cabo sobre 18 fotografías aéreas a escala 1: 25.000, pertenecientes al Instituto Geográfico de Venezuela Simón Bolívar (tabla 1).

TABLA 1

MISIONES AEROFOTOGRAMÉTRICAS UTILIZADAS EN LA EVALUACIÓN DE LA EROSIÓN COSTERA EN LA CIUDAD DE LECHERÍA, ESTADO ANZOÁTEGUI

ESCALA	AÑO	MISIÓN
1: 25.000	1945	0401-01
1: 25.000	1980	0401-93
1: 25.000	1999	0401-114

Fuente: IGVSb, (2005)

Previo al análisis de la información recopilada, se llevó a cabo una restitución fotogramétrica digital, que permite corregir las

deformaciones inherentes a la perspectiva cónica fotográfica, para luego ingresar las fotografías aéreas blanco y negro al Sistema de Información Geográfica (SIG) bajo un mismo sistema de referencia geométrico (Proyección UTM, Datum La Canoa, Huso 20) y escala 1:25.000. Posterior al ingreso de las aerofotografías al SIG, se procedió a medir la distancia lineal entre cada par de líneas de costa sucesivas, con la finalidad de llevar a cabo el cálculo de las variaciones en la morfología costera, por medio de la determinación del indicador de erosión lineal, metodología clásica ampliamente utilizada en este tipo de investigaciones, (Ojeda, 2000) expresada en metros de avance/ retroceso por la cantidad de años de estudio.

Cabe destacar que la erosión costera, según Ojeda (2000) y el National Research Council (1990), se puede determinar mediante el cálculo de la tasa de erosión lineal (metros de avance/retroceso por la cantidad de años de estudio), la tasa de erosión superficial ($m^2/año/metro$ de costa) y la tasa de erosión volumétrica ($m^3/año/metro$ de costa), siendo utilizada en la presente investigación la tasa de erosión lineal. Una vez realizadas las mediciones es necesario extraer una tasa de erosión media (National Research Council, 1990), la cual se determinó para la planicie costera y deltaica por presentar diferentes dinámicas geomorfológicas.

También fueron utilizadas cartas náuticas que contienen información sobre la dirección del oleaje y batimetría tanto del área de estudio como de zonas contiguas. Esta información permitió realizar las correspondientes inferencias acerca de las posibles áreas de sedimentación y erosión. Una vez realizadas las mediciones en la variación de la línea costera, se calculó la tasa de erosión por medio de la utilización de la siguiente ecuación, propuesta por (Ojeda, 2000):

$$e = \frac{m}{a}$$

Donde:

m = metros erosionados entre el primer y último año de estudio

a = cantidad de años en estudio.

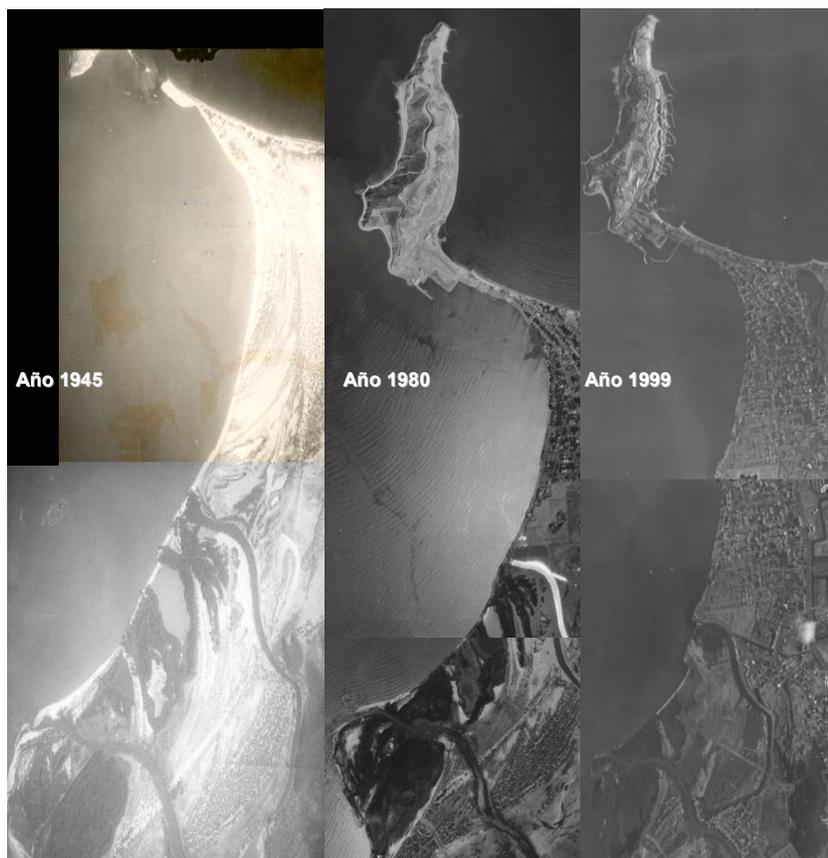
Para calcular la erosión costera lineal, se dividen los metros erosionados entre el primer y el último año, entre la cantidad de años en estudio. Ésta técnica tiene a su favor una alta cobertura temporal (54 años) lo que expresa los cambios a largo plazo y no eventos puntuales, como por ejemplo un “mar de fondo”. Para llevar a cabo el cálculo de la erosión costera lineal, se dividió el área de estudio en cinco sectores, tres en la planicie costera y dos en la planicie deltaica, según los diferentes comportamientos que presentaron dichos sectores ante los fenómenos sedimentarios y erosivos, con la finalidad de obtener resultados más exactos.

DELIMITACIÓN ESPACIAL DEL ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio está localizada en la región nor-oriental de Venezuela, al noreste del estado Anzoátegui; la delimitación se llevó a cabo siguiendo dos criterios, el primero basado en la división política de la parroquia Lechería del municipio turístico El Morro “Lic. Diego Bautista Urbaneja” y corresponde en su totalidad al área de estudio. El segundo criterio utilizado se sustenta en la delimitación del área costera del cerro El Morro en su sector occidental, desde la avenida Sotavento y Principal de Lechería hacia la línea costera, la cual limita con la bahía de Barcelona y pertenece a la parroquia El Morro. La parroquia Lechería se divide de la siguiente manera: Urb. El Morro I, II, III, Las Palmeras, Mar, Venezuela, El Peñonal, Casco Central y los sectores Rómulo Gallegos y Santa Rosa. La parroquia El Morro abarca el Complejo Turístico El Morro, perteneciendo al área de estudio únicamente la zona costera del sector occidental del cerro El Morro. El área de estudio limita al N y al O con el Mar Caribe, al S con el municipio

Simón Bolívar y al E con el Complejo Turístico El Morro. Geográficamente se ubica entre las coordenadas UTM, Datum La Canoa, huso 20, norte: 1.130.780 m y 1.125.060 m y este: 312.230 m y 315.770 m (figuras 1 y 4). La escala de análisis y publicación de la cartografía fue de 1: 25.000, debido a la disponibilidad de información y al hecho de que permite el cumplimiento de los objetivos establecidos.

FIGURA 1. OBSÉRVESE EL COMPORTAMIENTO DE LA LÍNEA DE COSTA EN LECHERÍA, ESTADO ANZOÁTEGUI EN LOS AÑOS 1945, 1980 Y 1999



Fuente: Elaboración según fotografías aéreas del IGVS, 1945, 1980 y 1999.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

EROSIÓN COSTERA

En la tabla 2 se muestran los valores de las superficies que poseían las unidades geomorfológicas para los años evaluados; se observa como se produjo una pérdida de 24,31 ha de playas y 29,87 ha de superficie total en el área de estudio durante el periodo 1945-1980, resultando la planicie deltaica con una progradación de sedimentos de 1,32 ha en comparación con la planicie costera, que perdió 5,18 ha. En el periodo 1980-1999 se produjo una pérdida de 0,51 ha de playas y 51,34 ha de superficie total, donde resultó menos afectada la planicie deltaica, con una pérdida de 14,48 ha en comparación con las 36,75 ha erosionadas en la planicie costera. Cabe destacar que las geoformas ubicadas en el interior de las planicies costeras y deltaicas, sufrieron importantes variaciones en cuanto a su dimensión o simplemente desaparecieron a raíz de la construcción de inmuebles urbanos. En base a lo antes mencionado se tiene que en 54 años (1945-1999) se produjo una pérdida de 57,69 ha en la superficie del área de estudio (incluyendo la erosión de playas, marismas, entre otras) equivalente la cifra antes mencionada a más del doble de la extensión de la Urb. Morro II de Lechería (tabla 2 y figura 4).

PERÍODO 1945-1980

El sur del tómbolo de El Morro corresponde con el sector I, posee 240 m de costa, evidencia un retroceso de 30 m en promedio, a excepción del norte del tómbolo que está protegido por muelles y espigones, por lo tanto no evidencia procesos de erosión (figura 4 y tabla 3). La principal unidad geomorfológica afectada por la erosión en este periodo lo constituye la planicie costera, específicamente el sector II, que posee 900 m de línea con retrocesos de hasta 100 m. El sector

III situado en la parte central de la planicie costera posee 710 m de línea de costa estable, al igual que el tramo costero de El Morro con 3.540 m de longitud, ambos sectores se mantuvieron relativamente estables sin signos de erosión, y por consiguiente una línea de costa en vías de estabilización de 4.250m de largo (figura 4 y tabla 3).

El sector IV, ubicado al sur de la planicie costera presenta un retroceso máximo de 30 m y en algunas áreas sólo de 5 m, con una disminución en el ancho de las playas de 40 m entre 1945 y 1980. El V sector, ubicado al norte de la planicie deltaica posee 760 m de línea de costa con retrocesos de hasta 100 m, disminuyendo gradualmente hacia el sur hasta convertirse el área en zona de sedimentación en el sector VI, que con 140 m de costa presenta un avance respecto al mar de hasta 200 m en la desembocadura del río Neverí (figura 2 y tabla 3).

En la tabla 3 se observa que el 49% de la totalidad de la línea de costa para el período 1945 -1980 es estable, en segundo lugar se encuentra la costa erosionada con un 40% distribuidos entre la planicie costera y el norte de la planicie deltaica, mientras que el 9% del total de la costa del área de estudio posee sedimentación, justamente hacia el sector VI al sur de la planicie deltaica, finalmente el 2% de la costa ha sido intervenida mediante la incorporación de material de relleno.

PERÍODO 1980-1999

El primer sector ubicado en el tómbolo de El Morro cuya línea de costa es de 230 m no presenta variación, mientras que al sur, en el sector II la línea costera de 410 m de largo muestra un avance de 40 m, producto de un relleno que está protegido por un espigón. El tercer sector posee 480 m de línea costera, evidenciando un retroceso máximo de 30 m. El cuarto sector correspondiente al centro y sur de la planicie costera posee 1.750 m de línea costera, ha retrocedido con valores máximos de hasta 60 m hacia el sur de la misma, con un retroceso

TABLA 2
RESUMEN DE SUPERFICIES Y VARIACIONES DE UNIDADES
GEOMORFOLÓGICAS POR AÑO Y PERIODO DE ESTUDIO EN LECHERÍA,
ESTADO ANZOÁTEGUI

PAISAJES	Superficie (ha)			Variación de superf. (ha)		
	1945	1980	1999	1945-80	1980-99	1945-99
Planicie Costera	474,94	469,76	433,01	-5,18	-36,75	-41,93
Tipos de relieve						
Salinas	69,45	14,89	0	-54,56	-14,89	-69,45
Playas fósiles	51,62	3,09	0	-48,53	-3,09	-51,62
Playas	28,53	4,22	3,71	-24,31	-0,51	-24,82
Cubetas de deflación	31,82	0	0	-31,82	0	-31,82
Cauces abandonados	32,39	17,67	6,91	-14,72	-10,76	-25,48
Campo de dunas	135,63	0	0	-135,63	0	-135,63
Lecho mayor de inundación del río	66,32	0	0	-66,32	0	-66,32
Laguna de cauce abandonado	8,95	15,49	0	6,54	-15,49	-8,95
Lago de cauce abandonado	0,22	0,26	0	0,04	-0,26	-0,22
Lagos	0	2,15	0	2,15	-2,15	0
Lagunas	0	5,12	27,39	5,12	22,27	27,39
Tómbolo	0	9,80	11,20	9,8	1,4	11,2
Formas del terreno						
Flechas litorales	2,24	0	0	-2,24	0	-2,24
Islas barreras	0,19	0	0	-0,19	0	-0,19
Barra litoral	1,06	1,49	2,43	0,43	0,94	1,37
Paisajes						
Planicie Deltaica	20,26	21,58	7,10	1,32	-14,48	-13,16
Tipos de relieve						
Marisma	9,46	15,34	7,1	5,88	-8,24	-2,36
Cauces abandonados	2,43	2,81	0	0,38	-2,81	-2,43
Playas	8,37	2,81	0	-5,56	-2,81	-8,37
Lagunas	0	0,62	0	0,62	-0,62	0
Formas del terreno						
Barra de desembocadura	1,05	1,18	0	0,13	-1,18	-1,05
Barra litoral	0	0,57	0	0,57	-0,57	0
Colinas	7,87	6,01	0	-1,86	-6,01	-7,87
Total superficie del área de estudio	503,7	497,35	446,01	-6,35	-51,34	-57,69

Fuente: Elaboración con base en la interpretación de fotografías aéreas, 1945, 1980 y 1999. IGVS, Caracas.

promedio de 30 m. El quinto sector correspondiente a la planicie deltaica posee 2.000 m de costa con un retroceso máximo de 220 m al sur y de 150 m al norte (figura 5 y tabla 4).

TABLA 3
SITUACIÓN DE LA LÍNEA DE COSTA PARA 1980 EN COMPARACIÓN CON 1945, LECHERÍA, ESTADO ANZOÁTEGUI

Procesos	Longitud de la línea de costa (m)	%	Observación
En vías de estabilización	3.680	49	Relativo equilibrio
Erosión	2.960	40	Retroceso
Sedimentación	710	9	Avance
Relleno	140	2	Avance
TOTAL	7.490		

Fuente: Elaboración en base a fotografías aéreas del IGVS, 1945 y 1980.

TABLA 4
LÍNEA DE COSTA SEGÚN PROCESOS PERIODO 1980-1999

Procesos	Línea de costa (m)	Situación de la costa
Erosión	4295,1	Retroceso
En vías de estabilización	3540,0	Relativo equilibrio
Relleno	351,4	Avance
TOTAL	8186,5	

Fuente: Elaboración propia 2006, con base en fotografías aéreas del IGVS 1980 y 1999.

En la tabla 4 se aprecia que en el 53 % de la línea de costa del área de estudio presenta erosión, a diferencia del 4 % de relleno y la ausencia de sedimentación. Cabe destacar que los 3.540 m de costa estable, equivalentes al 43% del total pertenecen a la costa del cerro El Morro.

PERÍODO 1945-1999

Al comparar la línea de costa erosionada en relación con la pérdida de superficie en el área de estudio se observa que hay una relación directa entre ambas variables, ya que a mayor cantidad de línea de costa erosionada es mayor la pérdida de superficie en el área de estudio. Asimismo, es importante destacar que durante el periodo 1980-1999 la línea de costa erosionada aumentó en un 45% y la superficie erosionada en 600,7% en relación con el periodo 1945-1980, así como la ausencia de sedimentación y disminución de la costa estable, hecho que evidencia un importante aumento de la erosión costera para el último periodo de estudio (tabla 5 y figura 2).

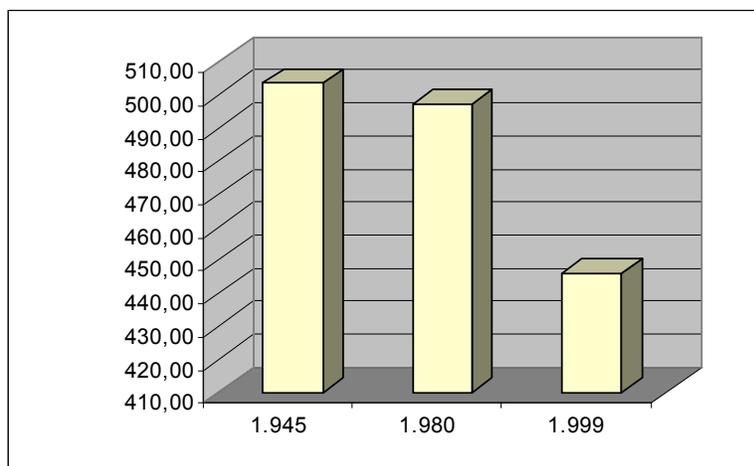
TABLA 5

LÍNEA DE COSTA SEGÚN PROCESOS Y PÉRDIDA DE SUPERFICIE PERIODO 1945-1999. LECHERÍA, ESTADO ANZOÁTEGUI

Procesos	Línea de costa				Superf. área de estudio
	Erosión (m)	Sedimentación (m)	En vías de estab. (m)	Relleno (m)	Pérdida de superficie (Ha)
1945-1980	2960	710	3680	140	7,27
1980-1999	4295,1	0	3540,0	351,4	50,94

Fuente: Elaboración según fotografías aéreas de los años 1945,1980 y 1999, IGVSb, Caracas.

FIGURA 2. SUPERFICIE DEL ÁREA (Ha) DE ESTUDIO POR AÑO DE COMPARACIÓN, LECHERÍA, ESTADO ANZOÁTEGUI



Fuente: Elaboración según interpretación de fotografías aéreas del IGVS B 1945, 1980 y 1999.

TASA DE EROSIÓN COSTERA LINEAL

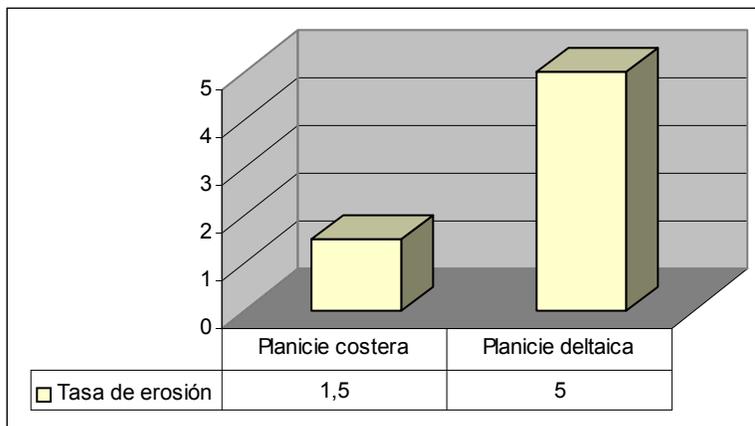
La tasa de erosión costera lineal se llevó a cabo mediante la fórmula explicada en la metodología y se dividió por tramos con la finalidad de obtener resultados más exactos.

TABLA 6. TASA DE EROSIÓN LINEAL PARA EL PERIODO DE 1945-1999, LECHERÍA, ESTADO ANZOÁTEGUI

Unidad geomorfológica	Sectores	Tasa de erosión lineal (m erosionados/año)
Planicie Costera	I	1,9
	II	0,7
	III	2,0
	Promedio	1,5
Planicie Deltaica	IV	4,1
	V	5,9
	Promedio	5,0
	Promedio total	2,9

Según los resultados obtenidos se observa que la tasa de erosión lineal más elevada en el área de estudio corresponde al sector V ubicado al sur de la planicie deltaica con 5,9 m/año y la menor al sector II con sólo 0,7 m/año en el centro de la planicie costera, por lo que al promediar los resultados por tipo de planicies se obtuvo que en la planicie costera es de 1,5 m/año y en la planicie deltaica de 5 m/año, existiendo una deferencia de 3,5 m/año entre las tasas de ambas planicies (figuras 3 y 6).

FIGURA 3. TASA DE EROSIÓN LINEAL PROMEDIO EN LAS PLANICIES COSTERA Y DELTAICA, LECHERÍA, ESTADO ANZOÁTEGUI



Fuente: Elaboración en base a fotografías aéreas de los años 1945, 1980 y 1999, IGVS, Caracas.

El ambiente deltaico ubicado al sur del área de estudio es el que presenta los mayores valores de tasas de erosión de toda el área de estudio, situación que resulta contradictoria debido a que este tipo de ambiente se caracteriza por poseer un balance morfodinámico activo positivo, es decir, es un área propia de sedimentación de material particulado de origen fluvio-marino, lo que evidencia la inexistencia de

aportes sedimentarios de tipo marino en conjunto con una disminución en los aportes fluviales.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Al analizar la dinámica costera del área de estudio se determinó que el tómbolo de El Morro generó el proceso de erosión costera, por lo que podría especularse que la solución a dicho problema lo representaría su apertura, de modo que los sedimentos provenientes de la bahía de Pozuelos pudiesen ingresar de nuevo a la bahía de Barcelona, sedimentándose las arenas en la costa y regenerándose de esta forma las playas de Lechería, lo cual resultaría así únicamente si la dinámica costera de la bahía de Pozuelos en la actualidad fuese la misma de hace 60 años, situación bastante improbable ya que está altamente intervenida, y por desarrollarse numerosas actividades como la turística, portuaria, petrolera y residencial que han requerido la construcción de muelles, espigones y malecones, derivando esto en la inexistencia de fuentes importantes de sedimentos para el crecimiento de las playas, hecho que se comprueba al observar los 10.000 m³/año de capacidad teórica de transporte litoral de arena en las adyacencias de playa Cangrejo (INCOSTAS, 1981), área donde se formaba la brecha que permitía la transferencia de oleaje y sedimentos de la bahía de Pozuelos a la de Barcelona y que debido a las intervenciones antes mencionadas el transporte real es de unos 3.000 m³/año para el año 1980, por lo que se determinó que la apertura del tómbolo de El Morro no es la solución al problema.

Asimismo la ejecución de una obra de semejantes proporciones generaría nuevas intervenciones con sus consecuentes impactos sobre un ambiente sumamente frágil como lo es el marino-costero y requeriría de grandes inversiones de capital, siendo lo más idóneo descartar esa opción y eliminarla de los planes de desarrollo urbanos de la ciudad, ya

que en la versión preliminar del Plan de Desarrollo Urbano Local de Lechería elaborado en el lapso de Junio 2001-2002 aparece bajo la categoría de “En Estudio” la apertura de un canal en el tómbolo de El Morro, así como del informe de rendición de cuentas de la Comisión de Finanzas de la Asamblea Legislativa del estado Anzoátegui del año 2003 donde aparece la aprobación de 5,4 millardos para la construcción del “Boulevard Playa Lido, una escollera, y un canal de unión entre Playa Mansa y Cangrejo por medio de la Ley Paraguas”.

En la planicie deltaica, a diferencia de la planicie costera, el retroceso en la línea de costa es generado por el desplazamiento hacia el sur de la desembocadura del Neverí, lo que genera que los sedimentos aportados por éste sean depositados en las playas de Barcelona y no en las de Lechería debido a la dirección prevaleciente del oleaje en el área de estudio (norte-sur) y por la construcción de la presa del Turimiquire, ya que las áreas de sedimentación existentes en 1980 (adyacencias de la desembocadura del Neverí) se han transformado para el año 1999 en el tramo de más fuerte erosión con retrocesos de hasta 220 m como consecuencia de una brusca disminución en el aporte de material particulado a la costa y por ser ésta la zona donde el oleaje posee una mayor fuerza erosiva.

Asimismo, el cálculo de la erosión costera por medio de la comparación en la línea de costa para los años 1945, 1980 y 1999 permitió determinar los cambios en la superficie del área de estudio, siendo para el año 1945 de 503,7 ha, para 1980 de 497,35 ha y para 1999 de 446,01 ha. Cabe destacar que el relleno del tómbolo y la sedimentación de un tramo de costa en la desembocadura del Neverí contrarrestó la pérdida de material por el proceso de erosión costera en otras zonas del área de estudio durante el periodo 1945-1980, a diferencia del lapso 1980-1999 en el cual no se presentó sedimentación en el litoral de Lechería, sino un proceso generalizado de erosión que se manifiesta en la pérdida de 57,69 ha de terreno.

Todo lo antes mencionado permite concluir, que la falta de una planificación adecuada, ha permitido numerosas intervenciones que han perjudicado y deteriorado el paisaje por medio de la transformación de las geoformas que existían en la planicie costera y deltaica, así como en las principales elevaciones existentes, derivando en un proceso generalizado de erosión costera que genera afectaciones a la población e infraestructuras de Lechería, por lo que la presente investigación constituye una importante herramienta para la gestión ambiental de la ciudad de Lechería. Con base en lo antes planteado, a continuación se presenta una serie de recomendaciones dirigidas a mejorar la situación actual en el litoral de Lechería.

RECOMENDACIONES GENERALES

- ❖ Elaboración y puesta en marcha de un programa de gestión de zonas costeras que contemple un plan de educación ambiental dirigido a la población.
- ❖ Incluir, en el Plan de Desarrollo Urbano Local de Lechería, las variables relacionadas con la dinámica costera.
- ❖ Implementar las acciones necesarias para llevar a cabo el cumplimiento de la franja terrestre de dominio público, comprendida desde la línea de más alta marea, hasta una distancia no menor de ochenta metros (80 m), medidos perpendicularmente desde la proyección vertical de esa línea hacia tierra, contemplada en la Ley de Zonas Costeras en su artículo 9 y, en la Ordenanza sobre control y preservación del medio ambiente del municipio turístico El Morro “Lic. Diego Bautista Urbaneja” en su artículo 22, la cual no es aplicada en el área de estudio.
- ❖ Restringir la construcción de infraestructuras en el tramo costero comprendido entre la boca del río Viejo y la actual desembocadura del río Neverí por ser ésta el área más impactada por el proceso

de erosión costera en la actualidad y por poseer una gran riqueza ecológica gracias a los manglares, lagunas y cauces abandonados allí existentes que sirven de hábitat para la flora y fauna acuática del sector.

- ❖ Descartar la propuesta de la apertura del tómbolo de El Morro, por no resolver el problema de erosión costera en Playa Mansa y Playa Caleta y requerir de grandes inversiones de capital que a su vez provocarían nuevas intervenciones e impactos negativos en el área de estudio.
- ❖ Elaborar un estudio de ingeniería de costas que contemple la construcción de una batería de espigones y rompeolas con el consecuente relleno de arena de los tramos afectados, de forma tal que se revierta el proceso de erosión costera y se minimice el impacto que tiene el fenómeno de mar de fondo sobre la infraestructura y la población.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Armas, R. (2000). *Lecherías, su historia y su gente*. Puerto La Cruz, Venezuela: PDVSA.
- Alonso, J., Alcántara, C. y Cabrera, L. (2002). Tourist resorts and their impact on beach erosion at sotavento beaches, Fuerteventura, Spain. *Journal of coastal research, Special Issue* (36), 1-7.
- Cabrera, O. (2005). *La educación como herramienta para la promoción de la vocación fluvial y marítima de la población*. Ponencia presentada en el Seminario Naval. Escuela Superior de Guerra Naval, Caracas.
- Canto, S. y Paskoff, R. (1983). Características y evolución geomorfológica actual de algunas playas de Chile central, entre Valparaíso y San Antonio (V Región). *Revista de Geografía*, (10), 31-45.
- Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas de Colombia. (2005). *Investigación científica en procesos costeros para la protección de instalaciones costeras*. Bogotá: Autor.

- Centro Internacional de Formación de Ciencias Ambientales. (1977). *Tres casos de Impacto Ambiental*. Aeropuertos, Embalses con centrales hidroeléctricas, Vertedero de residuos sólidos. Madrid: Autor.
- Clark, J. (1998). Coastal zone planning for the new century. *Ocean and coastal management*, 37 (2), 191-216.
- Comisión Internacional de Ciencias Ambientales (CIFCA). (1977). *Tres casos de Impacto Ambiental*, Aeropuertos, Embalses con central hidroeléctrica, Vertederos de residuos sólidos. Madrid: Autor.
- Enciclopedia de Ciencias de la Naturaleza. (1997). *Geología, Geodinámica y Rocas*. Tomo I. Barcelona: Planeta.
- González, C. (1980). *Geología de Venezuela y sus cuencas petrolíferas*. Caracas: Ediciones FONINVES.
- Guilcher, Andrés. (1957). *Morfología Litoral y Submarina*. Segunda edición. Barcelona: Omega.
- Hernández, M. (2003). *Dinámica costera. Erosión de las playas y preservación natural*. Ponencia presentada en las II Jornadas Andaluzas de Conservación del Litoral. Andalucía.
- Hubp, J. (1989). Diccionario Geomorfológico. México, D.F.: Universidad Nacional Autónoma de México.
- INCOSTAS. (1981). *Estudio de factibilidad de Navegación en la boca del Río Neverí*. Caracas: Autor.
- Leet, D. y Judson, S. (1975). *Fundamentos de Geología Física*. New Jersey, Estados Unidos de Norteamérica: Limusa.
- Ley de Zonas Costeras. (2001). *Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela*. 37,319, noviembre, 2001.
- Marichal, A. (2005). *Análisis de impactos ambientales y propuestas de manejo del proyecto costero Escalera Náutica en Santa Rosalita, B.C.* Ensenada, México: Universidad Autónoma de Baja California.
- Ministerio del Desarrollo Urbano. (1983). *Plan de Desarrollo Urbano Local de Barcelona y Puerto La Cruz*. Barcelona: Autor.
- National Research Council (1990). *Managing Coastal Erosion*. Washington: National Academy Press.
- Navarrete, L. (2004). *Propuesta para el Manejo Integrado de las Zonas Costeras a partir de la revisión del Código Nacional de los Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente y la Normativa Vigente*. Bogotá: Coastman.

- Ojeda, Jesús. (2000). Métodos para el Cálculo de la Erosión Costera. *Boletín de la A.G.E.*, (30), 103 – 118.
- ORCOPLAN Nor-Oriente. (1972). *Información Básica del Área Barcelona-Puerto La Cruz*. Barcelona: Autor.
- Organización de las Naciones Unidas. (1999). *Programa de Acción Sobre los Pequeños Estados Insulares*. Nueva York: Autor.
- Pacheco, H. y Suárez C. (2004). Mediciones fotogramétricas para determinar las variaciones de la posición de la línea de costa en el cordón litoral de la Laguna de Unare, estado Anzoátegui, Venezuela. *Acta Científica Venezolana*, (55), 97-106.
- Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en América Latina. (1996). *Ciudades en Riesgo*. Quito: Autor.
- Schlumberger. (1996). *Análisis de Ambientes Sedimentarios a partir de perfiles de pozo*. Caracas: Autor.
- Soares, Eugenio. (2004). *Evolución actual del Litoral de Natal-RN (Brasil) y sus aplicaciones a la gestión integrada*. Barcelona: Universitat de Barcelona.
- Strahler, A. (1979). *Geografía Física*. 4ª ed.. Barcelona: Omega.
- Tran, K. (2002). *Evolución general de la línea de costa en la zona oriental de Venezuela (desde Higuerote hasta Barcelona)*. Tesis de grado no publicada. Escuela de Ingeniería Civil. Facultad de Ingeniería. Universidad Central de Venezuela, Caracas.
- Viers, G. (1978). *Geomorfología*. Segunda edición. Barcelona: Oikus-Tau.
- Zenkovich, V. (Comp.). (1971). A Theory of the Development of Accumulation Forms in the Costal Zone En J. Steers. (Comp.). *Introduction to Coastline Development*. (pp. 95 - 204). Cambridge: Judson.
- Zinck, A. (1974). *Definición del Ambiente Geomorfológico con fines de descripción de suelos*. Caracas, Venezuela: Ministerio de Obras Públicas.

Mortimer David Capriles Verdi, Licenciado en Geografía. UCV-2006. Fue preparador de las asignaturas Geomorfología I y II, en la Escuela de Geografía, período 2004 al 2006. Actualmente se desempeña como Planificador Ambiental en la Dirección de Planificación y Desarrollo de la Gobernación del Estado Anzoátegui. Correo electrónico: caprilesverdi@gmail.com

FIGURA 4. EROSIÓN COSTERA EN LA CIUDAD DE LECHERÍA, ESTADO ANZOÁTEGUI. PERÍODO 1945-1980

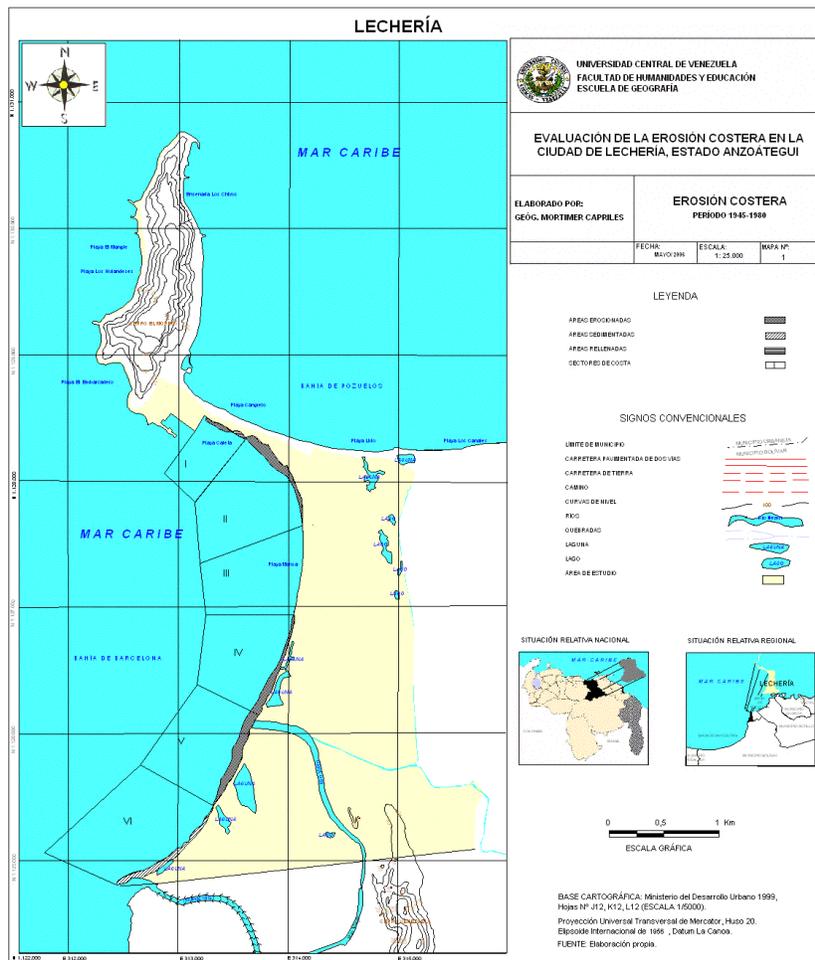


FIGURA 5. EROSIÓN COSTERA EN LA CIUDAD DE LECHERÍA, ESTADO ANZOÁTEGUI. PERÍODO 1980-1999.

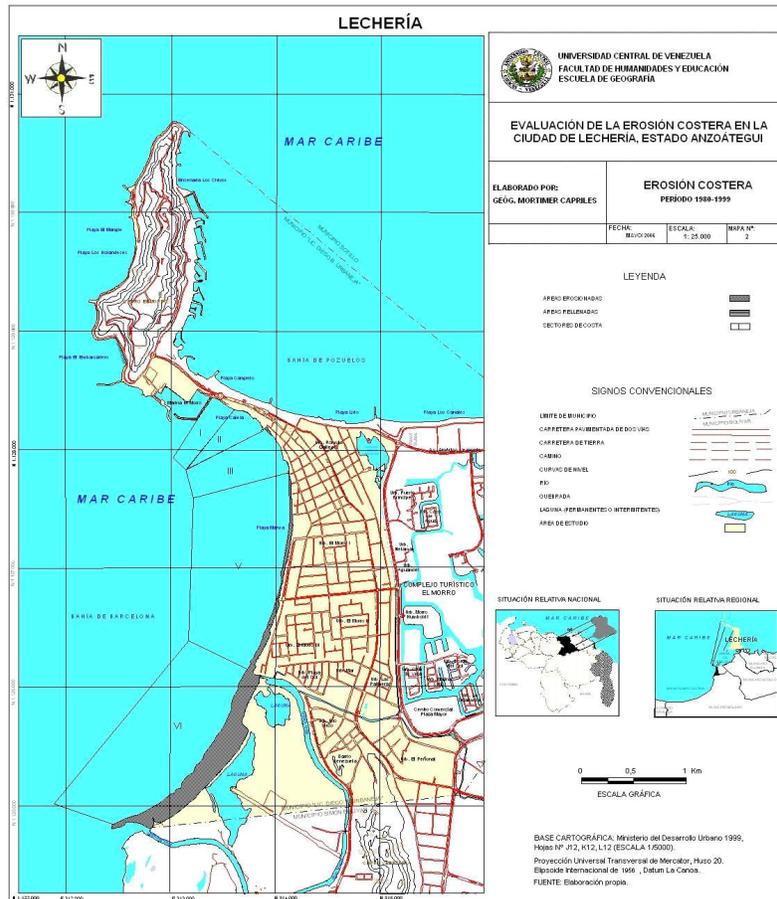


FIGURA 6. TASAS DE EROSIÓN COSTERA EN LA CIUDAD DE LECHERÍA, ESTADO ANZOÁTEGUIL. PERÍODO 1980-1999

