

5. A EROSIÓN DO LITORAL: A PERDA DAS PRAIAS

José L. Pagés Valcarlos

5.1. INTRODUCCIÓN

O litoral é unha zona que sofre a acción de axentes dinámicos mui diversos e enérxicos, polo cal é mui sensible ás súas variacións. Xeralmente, tras o paso de temporais, son noticia habitual na prensa os casos de desmantelamento de praias e paseos marítimos. O proceso natural denominado erosión estase convertendo actualmente nun problema grave, xa que a franxa litoral ten unha alta ocupación humana e serve de asento a numerosas actividades en torno ás cales se moven importantes intereses económicos. As praias, en concreto, son un recurso económico de primeira magnitude polo que a Administración, institucións diversas e as compañías de seguros empezaron a estar interesadas no tema.

Para abordar o problema da erosión nas praias, é necesario analizar, en primeiro lugar, cales son as causas que orixinan as praias e os seus mecanismos de funcionamento, o que nos sinalará as directrices e liñas de actuación para eludir os efectos negativos do proceso erosivo litoral.

5.2. DINÁMICA LITORAL

As praias son acumulacións de area no litoral producidas pola acción da oleaxe, cunha relación desproporcionada entre o seu pequeno largo e a súa grande lonxitude. O sedimento, area e grava, é aportado polos ríos e a erosión dos promontorios costeiros, transportado ao longo da costa polas correntes e as olas e depositado en determinados sectores. A costa de Galiza é fundamentalmente de carácter acantilado, con numerosas praias intercaladas. Aparecen en diversos contextos: adosadas a terra firme, en desembocaduras fluviais, ao pé de acantilados protexidas por promontorios, en frechas litorais, etc.

Normalmente as praias percíbense como unha acumulación estábel de area pero, polo contrario, son sistemas altamente dinámicos e cambiantes que dependen principalmente das características da oleaxe que remove e transporta a area e do aporte de sedimentos para reempazar as perdas. As mareas, tormentas e correntes de resaca contribúen a potenciar a acción da oleaxe.

As olas

Aínda que a oleaxe real é un fenómeno complexo e difícil de describir matematicamente, unha ola mariña común pódese describir como unha onda oscilatoria



progresiva que se propaga a través da auga orixinando un movemento oscilatorio no que as partículas de auga se desplazan mediante un ciclo de movemento vertical e regresan aproximadamente ás súas posicións orixinais. Na cresta da ola as partículas se moven cara adiante na dirección da propagación, mentres que nos seos se moven cara atrás, en sentido contrario.

As órbitas das olas se desvanecen rapidamente coa profundidade: a unha profundidade igual á metade da lonxitude de onda, o diámetro da órbita redúcese arredor de $1/23$ do seu diámetro na superficie; a profundidades equivalentes á súa lonxitude de onda, o movemento orbital é $1/500$ do que se experimenta na superficie.

Aproximación da oleaxe á costa

Tras o paso de temporais son noticia os casos de desmantelamento de praias e paseos marítimos: o proceso natural de erosión estase convertendo nun problema grave

Cando un tren de olas de marexada chega á costa, a presenza do fondo comenza a interferir co seu avance xerándose unha refracción que fai que os trens de olas tendan a porse paralelos ao litoral. Tamén cando a ola "sente o fondo" comencian a modificarse as órbitas circulares das partículas de auga converténdose en elípticas e cando a profundidade da auga é a metade da lonxitude de onda, as órbitas elípticas das partículas achátanse progresivamente canto máis profundas están, e cerca do fondo as partículas de auga describen só un movemento de vaivén, avanzando cara a costa baixo o paso da cresta e retrocedendo mar adentro ao paso do seo. Este movemento de fricción da auga contra o fondo provoca unha perda de enerxía das olas, facendo que decreza a súa velocidade e, consecuentemente, prodúcense cambios na lonxitude de onda e na altura, aínda que o período permanece constante. Esta descompensación fai que as crestas das olas se vaian acercando unhas a outras progresivamente, agolpándose, e o efecto resultante é como se diminuíra a lonxitude de onda.

A altura da ola tamén cambia segundo abandona augas profundas. Ao principio, a altura diminúe, pero cando a profundidade se reduciu ata ser só $1/20$ da lonxitude de onda que tiña a ola en augas profundas, a altura comenza a aumentar rapidamente, incrementándose de maneira continua ata que o seu perfil deixa de ser estábel e a ola se rompe.

Acción das olas na praia

De forma xeral, a ola rompe cando súa altura ten un valor próximo á profundidade, xeralmente da orden de 1,3. Prodúcese na denominada zona de rompentes. A rotura vai acompañada por unha perda de enerxía que se manifesta na espuma que acompaña á ola rota. O proceso de rotura das olas desenvólvese na zona comprendida entre a liña de rompentes e a praia seca. Esta zona coñécese co nome de zona de translación e é onde se produce a case totalidade dos procesos que van a afectar directamente ao comportamento das praias.

Tras a súa ruptura, a ola se transforma nunha lámina de auga turbulenta que se move rapidamente cara a terra, arrastrando consigo a carga de fondo e o sedimento en suspensión, ascende pola area na zona de batida mentres vai aminorando a súa velocidade e finalmente detense nun punto desde onde comenza a escurrirse costa



a baixo cara o mar atraída pola forza da gravidade. Este fluxo de retorno, de baixada da ola, é menos turbulento que á subida.

A pesar do efecto de refracción, cando as olas alcanzan a liña de rompiente aínda non están totalmente paralelas á liña de costa. Esta oblicuidade provoca unha descomposición da enerxía da ola cuxo resultado final é un transporte de sedimentos lonxitudinal á liña da costa coñecido co nome de deriva litoral. Dunha forma simplificada, o mecanismo actúa da maneira seguinte: a oblicuidade fai que a lámina de auga rompente suba pola pendente da praia cun certo ángulo, arrastrando consigo as partículas transportadas. Cando retrocede, faino directamente no sentido da pendente por efecto do refluxo. Con cada ciclo de movemento, as partículas desprázanse ao longo da praia, seguindo unha traxectoria similar a dos dentes dunha serra e cubrindo distancias que poden alcanzar varios decímetros. Este movemento lateral, magnificado por innumerábeis repeticións, é o responsábel do transporte de inxentes cantidades de areas e gravas que avanza a o longo da zona de batida facendo cambiar a praia dun día para outro e xerando diversos tipos de praias e depósitos ao longo da costa.

O perfil transversal da praia e a súa evolución

Se se considera a praia de forma transversal, facendo un corte ou perfil desde mar a terra, diferéncianse varias zonas cuxos límites se desprazan ao longo dun ciclo anual. As zonas que forman o perfil (figura 5.1) son:

- A praia sumerxida
- O estrán ou praia intermareal
- A praia seca

A praia sumerxida está comprendida entre o punto neutro (punto que marca a profundidade do nivel de base da oleaxe en tempo normal) e o nivel de marea baixa. A praia sumerxida está permanentemente cuberta pola auga do mar, cunha pendente que crece ao diminuír a profundidade da auga. Por debaixo do punto neutro, os fondos non son afectados pola oleaxe e, ao non removerse as suas areas, poden prosperar sobre estes fondos campos de algas, depósitos de fangos, etc, que serven precisamente como indicadores da situación do límite inferior do punto neutro. Este

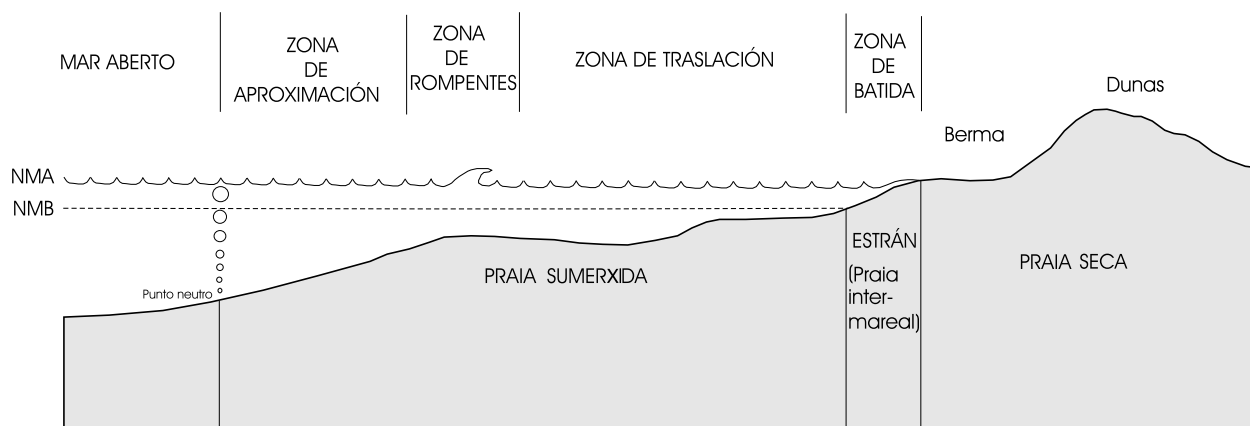


Figura 5.1. División transversal en zonas dunha praia en función da súa dinámica

límite inferior non é puntual, xa que a oleaxe real varía de intensidade, polo que é máis apropiado falar dunha zona neutra ou punto neutro medio.

O estrán, ou praia intermareal, é a parte da praia comprendida entre os límites da baixamar e da preamar. A pendente do estrán é decrecente desde a terra cara o mar, sendo tanto máis forte canto maior é a granulometría do sedimento e canto menor é a enerxía da oleaxe. Cando o rango mareal da costa é grande, o estrán pode alcanzar unhas importantes dimensións e complexidade.

O estrán soe estar coroado pola berma, barra areosa que marca o límite da marea alta e se erixe como a zona máis elevada da praia, só cuberta nas mareas máis altas ou cando o vento apila auga sobre a costa. As bermas fórmanse só en praias con suministro adecuado de area, mentres que as deficitarias carecen de berma ou mostran un límite erosivo entre o estrán e a praia seca.

A praia seca e as dunas costeiras constituen unha reserva que actúa absorbendo a corto prazo os intercambios de area entre as distintas zonas da praia, garantindo a súa preservación

As olas moven o sedimento na praia sumerxida e ás veces apílanos en barras sub-paralelas que migran cara terra sobre a zona de batida da oleaxe formando as típicas crestas e surcos de praia que finalmente se soldan á berma, adquirindo o perfil convexo de acreción. As barras soen presentar unha altura da orde de 1 metro sobre os surcos adxacentes. Ao baixar a marea, a auga que queda nos surcos soe escapar a través de pequenos canais laterais. O número de barras presentes nunha praia é variábel, pero soe ser frecuente encontrar unha gran barra única encima da marca de marea baixa.

O desenvolvemento da berma e a aparición de barras nas zonas de batida da oleaxe considérase como un índice fiábel do grado de estabilidade da praia.

A praia seca exténdese detrás da cresta da berma e en ocasións a súa superficie denota restos de antigas bermas e canais residuais recheos producidos polas soldaduras sucesivas de barras. Esta zona de praia seca está sometida a unha importante deflación eólica polas brisas e ventos diurnos, que dá como resultado un activo transporte de area que se pode acumular en dunas costeiras cerrando a praia. As dunas serven de asento á vexetación especializada con espartina, que á vez fai de núcleos de acumulación da area arrastrada desde a praia seca, formándose campos de dunas que poden alcanzar grandes dimensións.

A praia seca e as dunas costeiras constituen unha reserva de area que xoga un papel mui importante na dinámica litoral, pois actúa de tampón para absorber a corto prazo os intercambios de area entre as distintas zonas da praia, garantindo a súa preservación.

O perfil transversal da praia varía notablemente ao longo dun ciclo anual. Así, as olas máis longas de temporais de inverno tallan un perfil cóncavo erosivo na berma mentres que as pendentes do estrán diminúen. As olas de temporal poden remover toda a cobertura de area da berma, deixando ao descuberto un depósito de gravas e incluso de bloques. Sen embargo, estas variacións só supoñen o traslado dun certo volume de sedimentos a profundidades maiores, dando unha nova configuración do perfil. Non se trata dunha erosión da praia, xa que durante o verao, cando son menos frecuentes os temporais e as olas son máis cortas, os sedimentos



que no inverno foron arrastrados mar adentro son devoltos cara a zona de batida da oleaxe, que recupera o seu perfil convexo de acumulación, e cara a praia seca. En consecuencia, a morfoloxía transversal das praias é un rasgo temporal e só se pode considerar como unha media anual. Ocasionalmente, unha tormenta mui forte pode despoixar de area a superficie dunha praia e transportala a profundidades por debaixo do punto neutro, de maneira que as olas normais non poden alcanzala nen devolvela á praia.

Estabilidade costeira

En resumo, vimos que unha praia é un sistema lonxitudinalmente dinámico, que cambia coa chegada de cada ola, e transversalmente dinámico, que se modifica anualmente. Desta maneira, nunha costa sometida a unha dinámica litoral apreciable, prodúcese un transporte de sedimentos que funciona segundo dúas componentes: unha transversal e outra paralela á beiramar. A constatación desta dinámica introduce o concepto de estabilidade no tramo costeiro considerado.



Erosión na zona central de Arealonga (xullo de 2000)

Un tramo costeiro estará en equilibrio, é dicir, as praias serán estábeis, cando as achegas sedimentarias que ingresan, principalmente area, son iguais aos que saen. Se as achegas son superiores ás perdas, os depósitos dese tramo serán hiperestábeis e acumularase material. No caso contrario, cando as perdas de sedimentos superen ás achegas, o tramo será inestábel e as praias irán desaparecendo cos temporais sucesivos, sen producirse a recuperación total. As variacións estacionais no perfil pódense considerar nese caso como irreversibles.

5.3. A SITUACIÓN EROSIVA ACTUAL

Unha vez visto como funciona o sistema, pódese pasar a contemplar cal é a situación actual do litoral. Nas costas do Atlántico europeo obsérvase neste momen-



to un proceso de erosión xeralizado do que parece ser principal responsábel a subida do nivel do mar, que se estima nun valor medio de 2 mm ao ano. Aínda existe controversia sobre as causas que a orixinan e a importancia dos mui diversos factores de orden xeolóxico, climático, antrópicos, etc. que contribúen a esta subida, pero centrarémolos no quecemento xeral da atmosfera, provocado por dous factores: a evolución normal da situación climática actual (periodo interglacial con quecemento xeral) e o aumento dos gases de efecto invernadeiro emitidos á atmosfera.

O quecemento global ten dous efectos diferentes que contribúen á subida do nivel do mar. Por un lado, hai un aporte maior de auga aos océanos desde os xeos dos casquetes glaciares (efecto eustático) e por outro, hai unha dilatación térmica da auga de mar, que ao aumentar a súa temperatura diminúe de densidade e ocupa máis volumen (efecto esteárico).

Nas costas do Atlántico europeo dase un proceso de erosión xeralizado do que parece ser principal responsábel a subida do nivel do mar

Ambos efectos conducen a unha subida do nivel do mar que afecta ás zonas de praias e de acantilados que quedaran fora do seu alcance. A oleaxe comenza a sobrepassar a rasa ou a praia que soen protexer o pé de moitos acantilados e ataca a súa zona basal. Isto orixina o desmoronamento do talude mediante diferentes procesos nos que teñen gran relevancia as características mecánicas das rochas que os constitúen. Se as rochas son coherentes e non están meteorizadas, prodúcense caídas de grandes bloques; ao aumentar o grao de meteorización prodúcense avalanchas de fragmentos menores. Se as rochas se encontran mui meteorizadas ou non están consolidadas, baixo a acción de fluxos de auga subterránea ou empapadas en auga de chuvia, prodúcense deslizamentos rotacionais ou coladas de fangos facilmente eliminados nas mareas altas.

Nas praias a erosión increméntase cando a oleaxe é capaz de alcanzar a zona de praia seca e a base das dunas, retirando area de sectores que habitualmente quedaban fora do seu alcance. Cando o aumento na retirada de materiais non é compensado pola achega da deriva litoral, prodúcese unha perda neta de area na praia, é dicir, erosiónase. No momento actual, a maioría dos ríos que verten ao litoral de Galiza encóntranse encorados polo que non achegan case area que compense o aumento da retirada nas praias.

Por outro lado, en moitos sectores litorais detéctanse procesos de erosión acelerados que se superpoñen ao anterior. Nestes casos, hai que buscar a explicación en actuacións antrópicas de ámbito máis ou menos local, que soen ser principalmente a construción de espigóns, diques, paseos marítimos e edificios, extraccións de area, etc. que invaden o dominio marítimo interrompindo os procesos litorais de achega de area e favorecendo a reflexión da oleaxe, o que aumenta a enerxía da ola adicada á retirada de area.

5.4. O CASO DA RÍA DO BARQUEIRO

Estes dous procesos erosivos, o xeral e o acelerado, maniféstanse na Ría de O Barqueiro, un lugar especialmente interesante para estudar o problema, pois as súas características permiten discriminar entre os dous procesos.



A Ría de O Barqueiro, formada na desembocadura do río Sor, ábrese ao este do cabo da Estaca de Bares (figura 5.2). Ten seis km de lonxitude e está formada por tres lóbulos. O lóbulo externo ten un largo de tres km e alberga a praia de Bares no seu flanco occidental. O interno ten forma ovalada, con dimensións de 2,2 x 1,2 km, e no seu fondo encóntrase o porto de O Vicedo e a praia de Arealonga, en cuxa extremidade desemboca o río Sor por un canal entre unha frecha arenoa e a costa. A profundidade da Ría vai diminuindo desde os 30 m na entrada a 5 m na sua parte interna.

A situación erosiva nas praias do interior da Ría de O Barqueiro presenta importantes diferencias; así, na praia de Bares, o perfil transversal presenta variacións morfolóxicas estacionais, cunha erosión invernal importante e recrecimento en primavera-verano, con migración de barras que se acercan á cara da praia.

Aínda que existe un gran intercambio de material ao longo dun ano, a perda neta anual non é importante. O proceso erosivo existente maniféstase pola erosión nas dunas da praia e, sobre todo, pola destrución dun emprazamento arqueolóxico que se asenta sobre unha roca, un filón de cuarzo, situada no centro da praia. Trátase do Peñón da Eglise Vella (emprazamento dunha igrexa medieval co seu cemiterio, en uso ata o século XVIII). O retroceso do promontorio sobre o que se asentaba produce a caída esporádica á praia de osos humanos procedentes do cemiterio e de fragmentos de pavimento. Esta destrución, importante porque afecta de maneira continuada a uns restos arqueolóxicos, débese a un proceso erosivo a logo prazo, debido presumiblemente a causas naturais na sua maior parte (subida relativa do nivel do mar), xa que non existen actuacións antrópicas aparentes que orixinen cambios na dinámica litoral local.

Ao fondo da Ría, na praia de Arealonga, a situación é fortemente erosiva, con perda neta de material en ciclos longos e cortos. Durante a primavera e o verao,



Erosión na zona central oriental de Arealonga (marzo de 2002)

obsérvase un lixeiro retroceso da duna que se produce por desplome en mareas altas vivas, pero no período de outono-inverno a erosión é moito máis intensa e desde hai varios anos non existe recuperación no seguinte ciclo.

Este proceso erosivo acelerado parece estar relacionado coa construción do porto de O Vicedo, que se empezou a comezos da década dos 80, primeiro cun espigón corto de dirección E-W apoiado nuns acantilados baixos. O porto actual data de 1995 e consta do espigón principal recreado, outro algo máis corto en forma de L e unha explanada (figura 5.3).

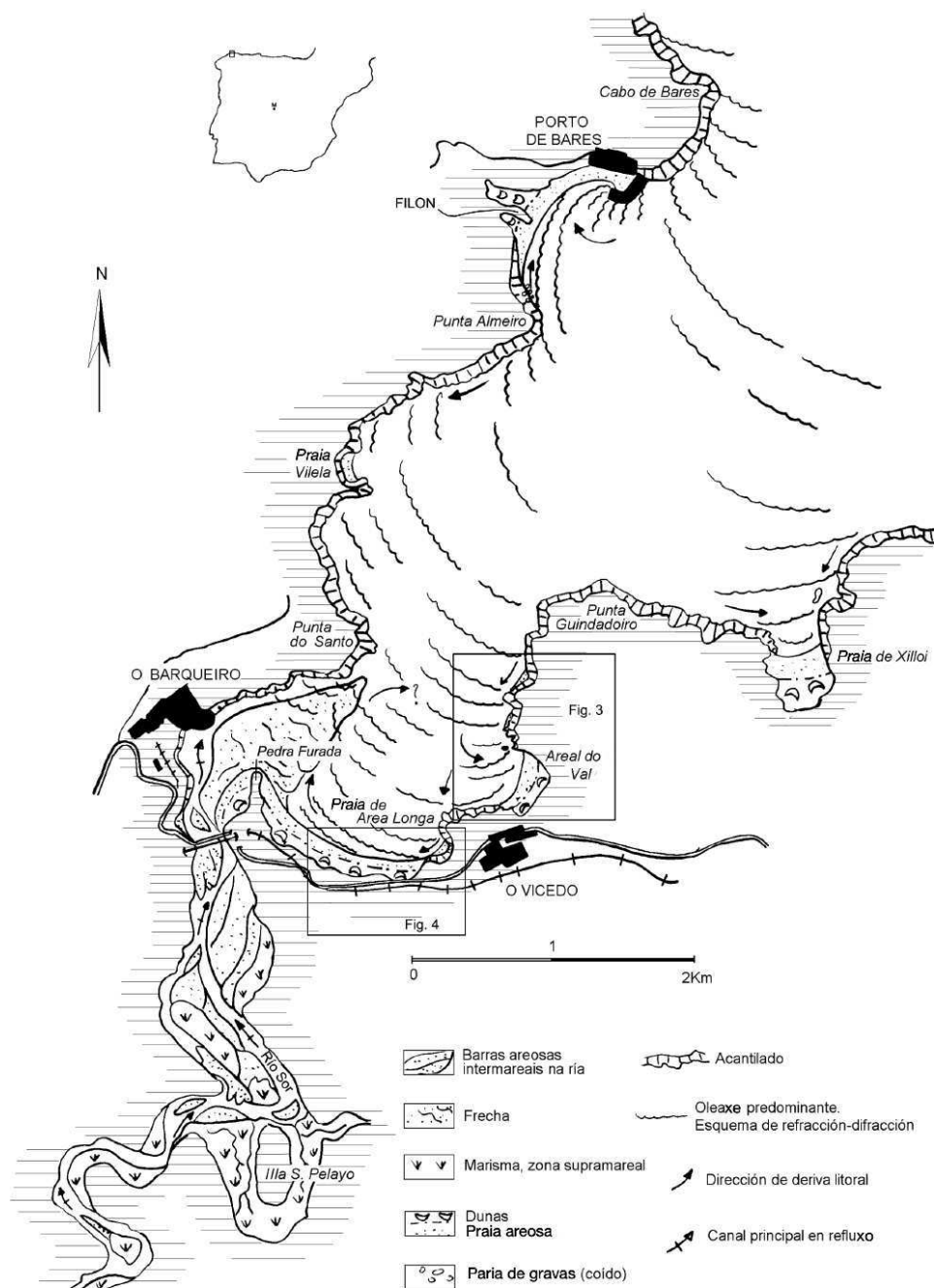


Figura 5.2. Dinámica litoral e elementos morfoxeolóxicos na Ría de O Barqueiro (Alonso, Lorenzo & Pagés 2000)

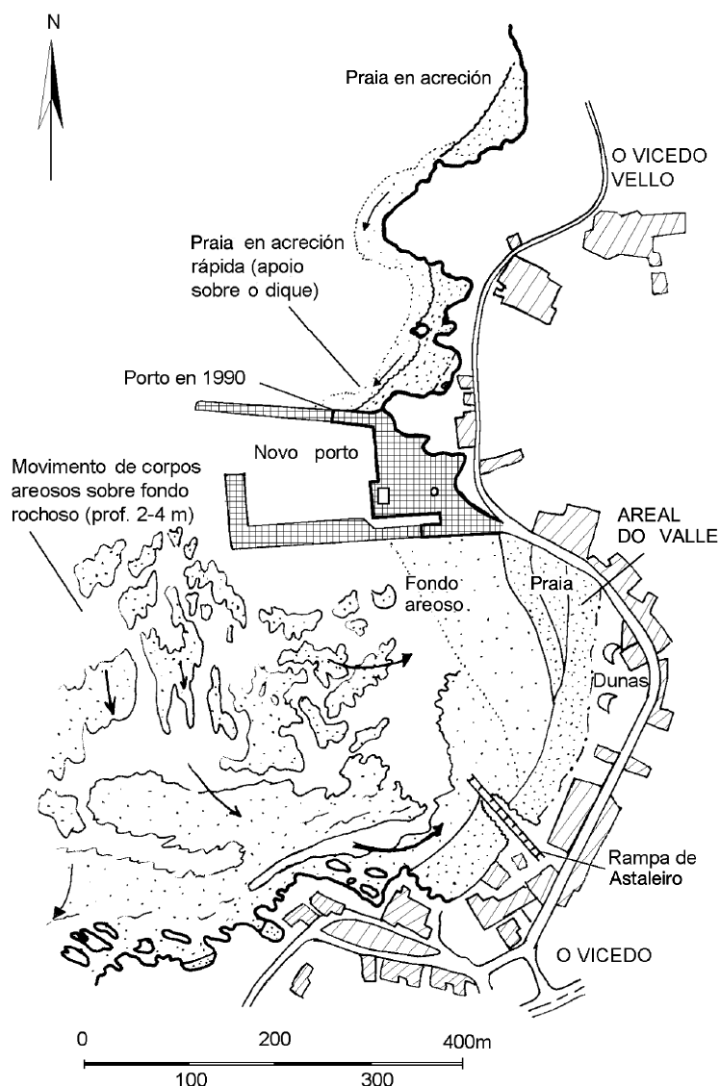


Figura 5.3. Modificacións da dinámica no sector de O Vicedo (Alonso, Lorenzo & Pagés 2000)

Tras a construción do porto, o transporte de area quedou interrompido. Unhas pequenas praias inmediatas ao espigón, ao norte do mesmo, están nun claro proceso de crecemento, mentres que os efectos destrutivos por interrupción da deriva se manifestan na praia de Arealonga, ao sul. Aínda que a deriva litoral e o resto dos procesos litorais non cambiaron, é dicir, a oleaxe segue incidindo con refracción de baixo ángulo e a deriva litoral é claramente este-oeste, etc, a fonte de alimentación quedou practicamente interrompida e a praia perdeu desde a construción do porto unha grande cantidade de material, especialmente no seu extremo oriental e zona central.

O proceso é sumamente rápido, desde o ano 1993 ata o 2002 calculouse un retroceso medio no sector oriental duns 20 metros da liña de dunas, cunha perda neta de cerca de 150.000 metros cúbicos de area. O proceso non se detivo, segue arrastran-

do area e xa provocou a desaparición dunha estrada e de áreas recreativas no sector central, e ameaza varias casas (figura 5.4). A nova situación dinámica da praia aínda non alcanzou un punto de equilibrio. Só o sistema dunar do extremo máis occidental da praia mantén ata o momento un estado non erosivo, aínda que á vista da tendencia actual, é predecible a súa futura destrución.

5.5. SOLUCIÓNS EMPREGADAS CONTRA A EROSIÓN

Para paliar o problema da erosión adóptanse numerosas estratexias que, á súa vez, crean novas modificacións e por tanto novos problemas no litoral. Para protexer as propiedades e infraestruturas hai varios tipos de solucións, que se agrupan en dúas categorías: a estabilización mediante obras e estruturas de enxeñería, que se consideran solucións duras, e a estabilización branda, que non implica solucións estruturais.

En canto ás solucións duras ou estruturais, diferencian dos tipos: As que interrompen ou mitigan a forza da oleaxe e as que interrompen o fluxo de area ao longo da costa. As máis típicas entre as primeiras son os rompeolas paralelos á costa o os muros nela. Por detrás dos rompeolas a area queda protexida o incluso se acumula, pero por diante, a reflexión da oleaxe magnifica a forza e incrementa a erosión. As segundas son os malecóns, que se constrúen perpendiculares á liña de costa, polo que atrapan os sedimentos que se desprazan paralelamente á mesma. O problema é que deixan sen aportes ás praias que hai situadas auga abaixo.

As solucións blandas inclúen principalmente a realimentación das praias, é dicir, a súa rexeneración por adición de area. Esta obtense xeralmente augas adentro, de bancos de area sumerxidos, e lévase á costa mediante tuberías. Outro medio é a estabilización das dunas mediante as plantacións, ou mediante a colocación de barreiras contra o vento como xuncos ou estacas. Ten máis vantaxes que as solu-

En moitos sectores litorais tamén se detectan procesos de erosión acelerados, causados pola construción de espigóns, diques, paseos marítimos e edificios, extraccións de area, etc

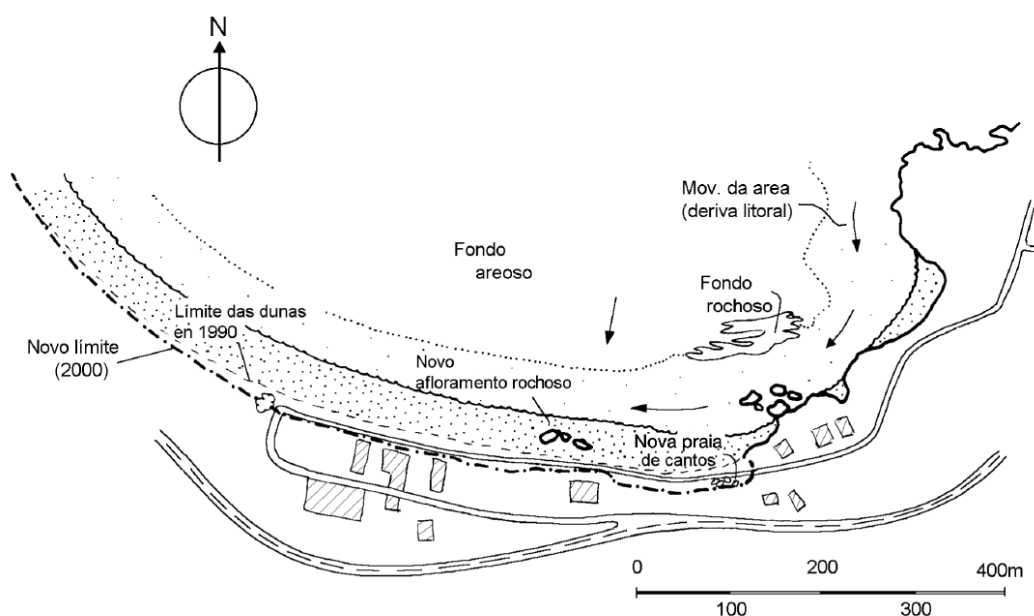


Figura 5.4. Praia de Arealonga, sector oriental. Detalle dos procesos erosivos en marcha (Alonso, Lorenzo & Pagés 2000)

cións duras, pero xeralmente son mui caras, necesitan un mantemento e non poden abandonarse. Ademais, o dragado de area dos fondos mariños provoca problemas nos ecosistemas litorais e son actuacións inestábeis, mui expostas ás tormentas, que destruen con facilidade todo o traballo.

Por último, as solucións pasivas consisten na adaptación da ocupación ao retroceso da liña de costa. Hai que ter en conta que calquera intervención nun punto da costa se reflectirá augas abaixo, polo que hai autores que defenden a postura de non actuación en absoluto, senon a adaptación ao retroceso natural da liña de costa.

Calquera das solucións que se aplique require un estudo detallado da dinámica do litoral local, e un coñecemento mui detallado do sistema sometido a actuación, para non por en perigo o seu emprego como recurso socioeconómico. É inegábel que actualmente a maior parte das costas están sendo erosionadas, en parte debido á subida do nivel do mar, pero, sobre todo, en muita maior medida, a causa da intervención humana, descontrolada e especulativa, no litoral.

Bibliografía

- Alonso Millán A.; Lorenzo, F.; Pagés Valcarlos, J.L. (2000). Dinámica litoral y erosión en la Ría de O Barquero: factores antrópicos y procesos naturales. *Geogaceta* 28. 7-10.
- Andres, de J.L. & Gracia, F.J. (2000). Geomorfología litoral. Procesos activos. ITGE, 255 pp.
- Bores, P.S. (1979). Clasificación de formas costeras. IGME, pp. 165-190.
- Dabrio, C.J. (1989). Praias e Isas barrera-lagoon. En: *Sedimentología* (Ed. A. Arche). Vol.1, 349-394. Col. Nuevas Tendencias. C.S.I.C. Madrid.
- Davis, R.A., Jr., (Ed), (1985). *Coastal sedimentary environments*: New York, Springer-Verlag, 716 p.
- Frias A. & Moreno G. (1988). *Ingeniería de costas*. Limusa Noriega. Argentina. 350 pp.
- Gregore, D.E. & Walling, D.E. (1987). *Human Activity and Environmental Processes*. John Wiley & Sons. New York. 465 p.
- IGME (1988). Impacto económico y social de los Riesgos Geológicos en España, Serie: Geología Ambiental. 333 p.
- Murck, B. W.; Skinner, B. J.; Porter, S.C. (1997). *Dangerous earth: An Introduction to Geologic Hazards*. John Wiley & Sons Inc. New York. 300 pp.
- Pagés, J.L.; Lorenzo, F. & Alonso, A. (2002). Procesos erosivos en la Estaca de Bares y la Ría de O Barquero (A Coruña, Lugo). En: *Estudios recientes (2000-2002) en Geomorfología SEG*. 373-382 pp.
- Steers, J.A. (1969). *Coasts and Beaches*. V1-136 pg. Oliver & Boyd.
- Vilas, F. (1989). Estuarios y llanuras intermareales. En: *Sedimentología*. Vol. 1 (Ed. A.Arche). 451-492. C.S.I.C. Madrid.
- Viles H & Spencer T. (1995). *Coastal problems. Geomorphology, Ecology and Society at the Coast*. 350 pp. Edward Arnold. London.

As solucións de defensa fronte á erosión poden ser de estabilización dura (obras e estruturas de enxeñería), de estabilización branda (rexeneración e fixación), ou pasivas (adaptación á nova dinámica litoral).

