

Xeomorfoloxía costeira

José Miguel Veigas Méndez
Mario López Gallego
Gregorio Iglesias Rodríguez

Área de Enxeñería Hidráulica
Escola Politécnica Superior

unidadesdidácticas
UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA



Esta obra atópase baixo unha licenza internacional Creative Commons BY-NC-ND 4.0. Calquera forma de reprodución, distribución, comunicación pública ou transformación desta obra non incluída na licenza Creative Commons BY-NC-ND 4.0 só pode ser realizada coa autorización expresa dos titulares, salvo excepción prevista pola lei. Pode acceder Vde. ao texto completo da licenza nesta ligazón: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.gl>

© Universidade de Santiago de Compostela, 2014

Deseño e maquetación

J. M. Gairí

Edita

Edicións USC

<https://www.usc.gal/publicacions>

DOI

<https://dx.doi.org/10.15304/9788416183586>

MATERIA: Portos e Costas

TITULACIÓN: Grao en Enxeñaría Civil

PROGRAMA XERAL DO CURSO

Localización da presente unidade didáctica

MÓDULO I: Clima Marítimo

Unidade 1. Vento e xeración das ondas

Introdución

Circulación atmosférica

Caracterización do vento

Xeración das ondas

Previsión da ondada

Unidade 2. Ondas de gravidade

Unidade 3. Mecánica ondulatoria

Introdución

Propagación da ondada

Rotura da ondada

Modelización Numérica

Unidade 4. Análise a curto prazo da ondada

Introdución

Análise no tempo

Análise espectral

Unidade 5. Análise a longo prazo da ondada

Introdución

Caracterización do réxime medio

Caracterización do réxime extremo

Unidade 6. Mareas e niveis do mar

MÓDULO II: Procesos litorais

Unidade 7. Xeomorfoloxía costeira

Introdución

Conceptos de interese

Tipos de costas

Factores de control

Unidade 8. Correntes litorais

Unidade 9. Transporte de sedimentos

MÓDULO III: Actuacións no litoral

Unidade 10. Actuacións na costa

Unidade 11. Obras portuarias

Unidade 12. Xestión integrada da zona costeira

ÍNDICE

ÍNDICE

PRESENTACIÓN

OS OBXECTIVOS

A METODOLOXÍA

OS CONTIDOS

1. Introducción

2. Conceptos de interese

3. Tipos de costas.

Praias

O límite entre ámbalas zonas ven marcado por un cambio brusco na topografía que se coñece como berma.

Deltas

Estuarios ou rías

Acantilados

Dunas e antidunas

Tómbolo

Saliente ou hemitómbolo

Cordón litoral, puntal ou frecha

Illas barreira

Marismas

Costas volcánicas

Costas bio-construídas

4. Factores de control

ACTIVIDADES PROPOSTAS

AVALIACIÓN DA UNIDADE DIDÁCTICA

BIBLIOGRAFÍA

PRESENTACIÓN

A presente Unidade Didáctica, *Xeomorfoloxía Costeira*, encádrase dentro do Módulo II: Procesos litorais, da materia de *Portos e Costas do Grao de Enxeñaría Civil*. Neste segundo módulo expóñense os principais procesos naturais que teñen lugar no litoral e que determinan a xeomorfoloxía e a dinámica costeira. Previamente, no Módulo I: *Clima Marítimo*, abórdase a caracterización dos principais axentes climáticos que condicionan os procesos litorais e como resultado definen a xeomorfoloxía costeira. Finalizado este Módulo II, no Módulo III, *Actuacións no litoral*, trátanse as diferentes tecnoloxías propias da enxeñaría de costas e portos.

Durante esta Unidade Didáctica 7, *Xeomorfoloxía costeira*, preténdese familiarizar o alumnado coas distintas morfoloxías costeiras xeradas como consecuencia de factores tan variados como poden ser: os procesos fluviais, as correntes mariñas, a ondada ou incluso a actividade humana. Nesta Unidade Didáctica trátanse tamén os factores de control que serven principalmente para avaliar o cambio climático ou a evolución morfolóxica e sedimentaria da costa.

Os contidos básicos presentaranse ao alumnado durante un total de seis (6) horas ECTS (Sistema Europeo de Transferencia de Créditos), repartidas en catro clases expositivas e dúas interactivas. Ó longo das clases expositivas, preséntanse os principais contidos teóricos. No tocante ás horas interactivas, dedicaranse a horas de seminarios, durante os cales se aplican os coñecementos teóricos a casos prácticos.

OS OBXECTIVOS

Esta Unidade ten como obxectivo básico a familiarización do alumnado cos conceptos máis básicos de xeomorfoloxía costeira, cun enfoque eminentemente práctico e técnico. Aínda que o estudo da xeomorfoloxía costeira abrangue un amplo espectro de disciplinas científicas, como son a xeoloxía, a bioloxía ou a oceanografía, o peso relativo reducido da Unidade dentro da materia, imposibilita un estudo detallado dos contidos atendendo a todas estas áreas. Por outra banda, na materia opcional de Enxeñaría de Costas, impartida no cuarto curso da titulación, trátanse en profundidade os conceptos que nesta Unidade se presentan. De acordo con isto, os obxectivos específicos desta Unidade son:

- **obxectivo 1**, familiarizar o alumnado cos conceptos básicos relacionados ca franxa litoral costeira e os distintos tipos de costa segundo a súa morfoloxía; e
- **obxectivo 2**, introducir os factores de control da evolución morfolóxica e sedimentaria da costa.

A METODOLOXÍA

Ó longo desta Unidade Didáctica conxúganse métodos didácticos afirmativos e de elaboración dependendo dos obxectivos e dos contidos abordados en cada unha das sesións de unha hora de duración.

Os principios teóricos e os contidos fundamentais trátanse nas catro horas de clases expositivas. Na primeira sesión dunha hora, interrógase ó alumnado e foméntase o debate sobre os posibles xeitos de afronta-la análise e a caracterización da franxa litoral costeira. Nas seguintes dúas horas, o profesor ou a profesora desenvolverá os contidos teóricos da unidade apoiado de presentacións dixitais. Durante a terceira hora proxectarase unha reportaxe cinematográfica relacionada coa temática da Unidade.

Nas horas de clases interactivas acudirase á aula de seminarios na que se proporán por parte do profesorado exercicios a resolver polo alumnado, o cal traballará en grupos reducidos fomentando o traballo en equipo e a cooperación. Durante estes seminarios, cada grupo aplicará os conceptos teóricos expostos nas clases expositivas á caracterización de tramos costeiros reais.

OS CONTIDOS

1. Introducción

O primeiro problema co que nos atopamos ao falar de costa é establecer a súa definición como tal. Así, poderíase definir como o deslinde marítimo-terrestre, é dicir, a zona de influencia conxunta do mar e a terra. Polo tanto, pódese definir como toda a zona comprendida entre os niveis máximo e mínimo alcanzables pola superficie do mar.

O problema redunda na definición destes niveis. Se á variación dos niveis debido á marea (que no caso do Mar Cantábrico supera os 5 metros de altura) lle sumamos as elevacións producidas pola ondada, a variación da presión atmosférica e outros posibles fenómenos atmosféricos, temos unha definición de niveis de carácter estatístico que dependerán do período de retorno que queira considerarse para cada unha das variables do problema e a súa posible correlación no tempo.

A todos estes niveis citados anteriormente haberá que engadir o cambio producido na morfodinámica costeira ao longo do mesmo período de tempo. A miúdo acostumámonos a desaparición de praias tralo paso dun temporal (especialmente agora que a presión urbanística acabou en moitos casos coa zona de dunas que alimenta de sedimentos á praia), pero tamén as barras, frechas, embocaduras e incluso os acantilados rochosos sofren modificacións, algunhas perceptibles con claridade durante os ciclos de vida humanos, e outros case imposibles de percibir pola súa escala temporal xeolóxica.

2. Conceptos de interese

Dominio litoral: é a zona de tránsito entre o continente e a plataforma continental, perfectamente caracterizada por certos atributos xeolóxicos e por procesos xeodinámicos e oceanográficos específicos. Nesta zona é posible identificar tres sectores en razón da diferente intensidade coa que actúan os procesos naturais e os produtos que xeran:

- a) Supralitoral: zona composta fundamentalmente polo continente emerxido que queda exposto a unha menor influencia dos axentes mariños, destacando a acción dos frontes de onda en momentos de tormenta.
- b) Interlitoral: é a zona máis influenciada polo ambiente mariño e normalmente sometida a inundacións.
- c) Infralitoral: esta zona abarca dende o límite superior de acción da ondada ata o nivel inferior de influencia de dita ondada. É a zona de maior enerxía. A súa anchura é moi variada, dependendo enormemente do lugar onde nos atopemos, estando en relación directa coa intensidade da ondada, sendo a súa profundidade media do orde de 20 metros.

A costa: é un compoñente do dominio litoral que ten fundamentalmente un valor paisaxístico marcado pola descontinuidade cartográfica. É o conxunto paisaxístico comprendido polo supralitoral e o interlitoral. Podemos dicir tamén que a costa é un compoñente da paisaxe litoral e polo tanto unha parte inseparable del.

Segundo Komar et al. (1998) a costa é a zona de confluencia marítimo terrestre na que se incluírían as praias, os acantilados, os campos de dunas e os estuarios ou marismas. Está formada por dous ambientes: un terrestre, de tipo continental, no que predomina o transporte de sedimentos, e outro marítimo, no que predominan os efectos da ondada.

Segundo a Demarcación de Costas do Ministerio de Medio Ambiente do Goberno de España, a costa é a franxa do territorio que linda co mar, na que son sensibles os efectos dos axentes que gobernan os procesos litorais; ondada, mareas, correntes e ventos, e na que se deixa sentir a influencia social e económica que o atractivo do mar xera no seu contorno.

3. Tipos de costas.

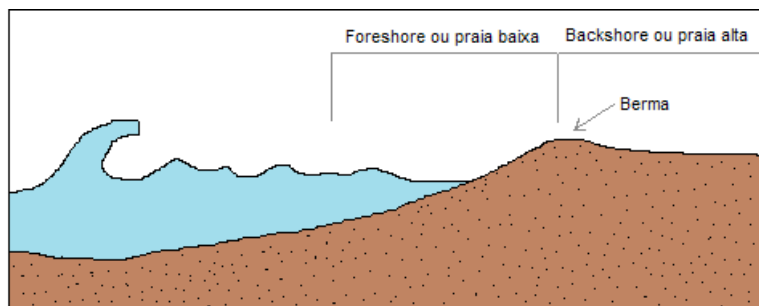
Praias

É unha das formas costeiras máis estendidas polo mundo. Defínese como unha acumulación de sedimento non consolidado como son areas ou gravas, de pendente suave, formadas pola acción do mar e do vento mariño ou outras causas naturais ou artificiais. As dúas zonas principais (Figura 1) son:

- Foreshore ou praia baixa delimitada pola franxa costeira comprendida entre os niveis máximo e mínimo da marea.
- Backshore ou praia alta que se corresponde coa franxa costeira comprendida entre o límite marcado pola marea chea e a zona de vexetación ou dunas.

O límite entre ámbalas zonas ven marcado por un cambio brusco na topografía que se coñece como berma.

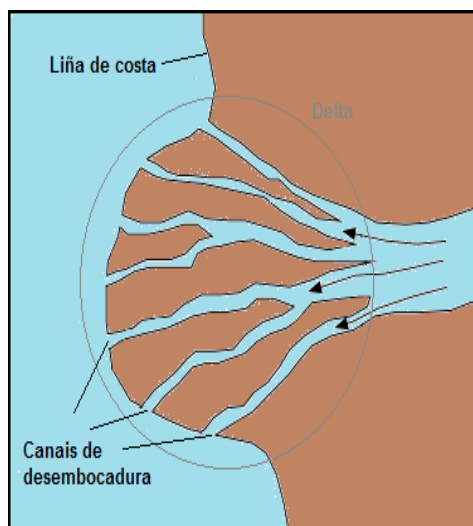
Figura 1. Perfil dunha praia na que se delimitan as distintas zonas.



Deltas

Son acumulacións de sedimentos fluviais adxacentes ou nas proximidades da desembocadura dun río (Figura 2). Soen formar depósitos que posteriormente son modelados pola acción da ondada, correntes ou mareas. Están dominados polo proceso fluvial. A característica principal dun delta é unha achega de sedimentos fluviais á costa maior do que os procesos mariños poden remover e transportar a outros lugares. No caso de Galicia, o exemplo de delta máis coñecido é o do Río Miño, e a nivel Ibérico, pódese destacar o Delta do Ebro.

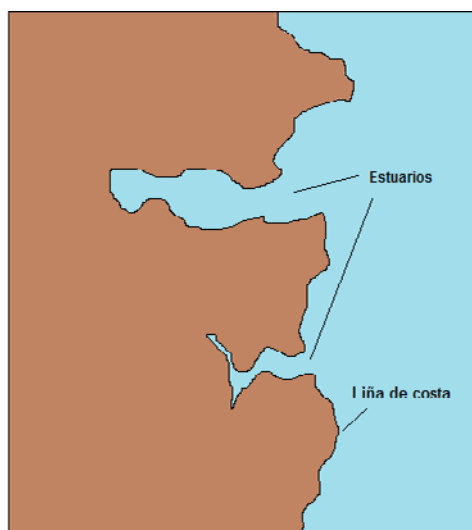
Figura 2. Delta producido polo dominio de procesos fluviais.



Estuarios ou rías

Son corpos confinados de auga que ocupan as partes baixas dos vales fluviais. Prodúcese pola elevación do nivel do mar ou por afundimento tectónico, o que dá lugar á mestura de augas mariñas e fluviais. Polo seu carácter, no seu interior prodúcese unha mestura de sedimentos e de procesos de transporte; pero, ao contrario que no caso dos deltas, están dominados polos procesos mariños. En Galicia son unha das configuracións costeiras máis típicas.

Figura 3. Perfil de costa con estuarios.



Acantilados

Considérase acantilado a aquel corte do terreo costeiro que forma un ángulo mínimo de 60° coa horizontal dende a súa base ata a súa coroación. Poden ser debidos a erupcións volcánicas ou a levantamentos asociados a procesos volcánicos locais, a procesos de movementos verticais dos bloques da cortiza terrestre, ou tamén poden ser de orixe tectónica e, incluso, por erosión de liñas de costa previas. O principal axente de erosión é a ondada, sobre todo na base do acantilado producindo o que se coñece como sócave.

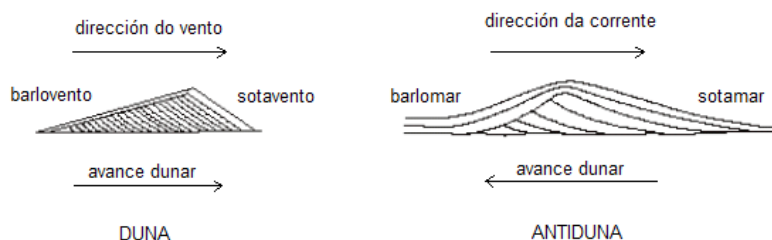
Dunas e antidunas

Forman o leito das praias, de dimensións horizontais da orde de metros e verticais da orde de centímetros (de pequena escala), que aparecen en ocasións na zona de rompentes das praias. O seu crecemento e desenvolvemento encóntrase principalmente condicionado polos aportes de sedimentos. Teñen unha función protectora da beira e

actúan como depósito. Xeralmente formadas por sedimentos secos entorno a 0.2 mm de diámetro. Cando o vento ten unha dirección dominante, as dunas adquiren a forma dunha C coa parte convexa por sotavento (zona abrigada do vento).

Defínese como antiduna (Figura 4) unha pequena duna hidráulica que se despraza no sentido contrario á corrente como resultado da erosión producida na parte inferior e da sedimentación que ten lugar na parte superior.

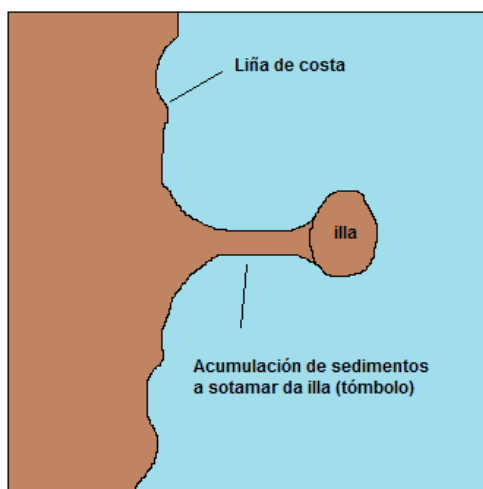
Figura 4. Imaxe dunha duna e dunha antiduna respectivamente.



Tómbolo

É un saliente de area perpendicular á liña de costa producido pola presenza dunha illa (Figura 5), dun arrecife natural emerxido ou dunha estrutura artificial, debido ó cambio da dinámica da ondada provocado pola estrutura (principalmente polos procesos de difracción da ondada). No tómbolo, o saliente de area únese á estrutura, formando un espigón natural de area entre a costa e a illa ou estrutura. En Galicia existen casos moi coñecidos, como son a Península do Grove ou A Coruña.

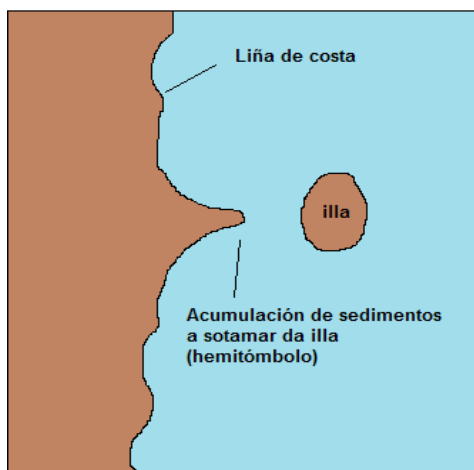
Figura 5. Formación dun tómbolo pola presenza dunha illa preto da costa.



Saliente ou hemitómbolo

Acumulación de area perpendicular á aliñación da costa (Figura 6) coa mesma orixe que o tómbolo ou debida ao encontro de dúas correntes costeiras de direccións contrapostas. Ao contrario que no caso do tómbolo, neste caso a ondada é o suficientemente importante (polo menos ocasionalmente) para levarse de novo o sedimento mobilizado e evitar así que se chegue a producir unha conexión completa entre a liña de costa e o elemento de abrigo (caso do tómbolo).

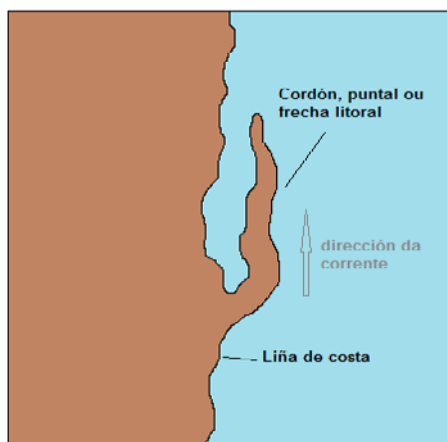
Figura 6. Formación dun hemitómbolo pola presenza dunha illa preto da costa.



Cordón litoral, puntal ou frecha

Acumulación areosa paralela á dirección xeral da liña de costa (Figura 7), producida polos cambios de dirección da liña de costa, en aquela zonas con abundante transporte lonxitudinal de sedimentos. En determinadas zonas costeiras de plataforma pouco profunda, os cordóns litorais poden xurdir por transporte transversal do sedimento. Cando o cordón tende a cerrar unha baía en zonas mareais ou con achega fluvial importante, o cordón alcanza un equilibrio co prisma de marea ou co caudal fluvial. Nas zonas sen marea, ou con pouca achega fluvial, o cordón pode chegar a cerrarse case por completo, deixando nas zonas de terra unha lagoa salobre ou doce denominada albufeira.

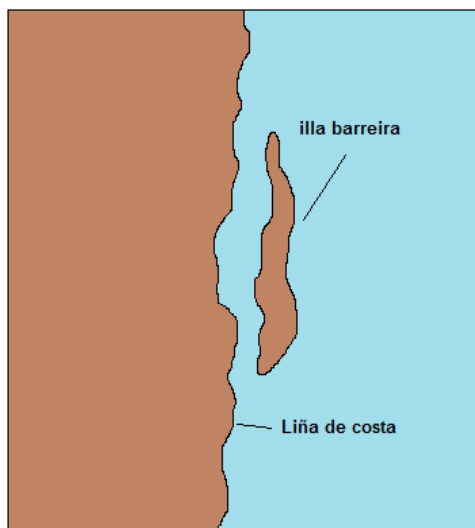
Figura 7. Cordón, puntal ou frecha litoral.



Illas barreira

Se un cordón litoral se queda separado por dúas saídas ó mar da marisma interior, denomínase illa barreira (Figura 8). Son aliñacións estreitas, de sedimento areoso, que se elevan sobre o nivel do mar. Normalmente son paralelas á costa.

Figura 8. Illa barreira paralela á costa.



Marismas

As costas de tipo marisma desenvólvense sobre zonas baixas, de pouca pendente e alta concentración vexetal, suxeitas a inundacións periódicas. Deben cumprirse tres factores para a formación das marismas, os cales se expoñen a continuación:

- abundante entrada de sedimentos á zona,
- baixa enerxía da ondada, e
- pendente moi pouco pronunciada.

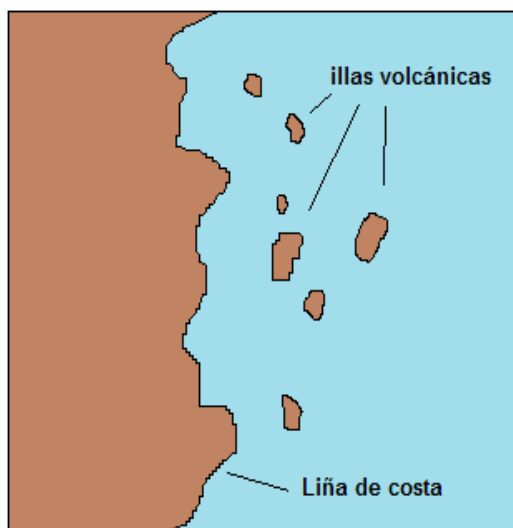
Costas volcánicas

Son as asociadas a terreos volcánicos máis ou menos activos (Figura 9). Desenvolvidas en materiais facilmente alterables (cinza, lava,...) ou sobre materiais altamente resistentes (basaltos, cuarzos,...) o que dá lugar a morfoloxías diversas.

Costas bio-construídas

Son as desenvolvidas pola acción construtiva de organismos que habitan nela. Un exemplo pode ser os arrecifes de Coral que se orixinan cando os organismos vivos comezan a crecer ata colonizar a area en cuestión, elevándose ata alcanzar a superficie. Soen ser ambientes moi fráxiles e moi susceptibles ás alteracións e cambios ambientais: temperatura, salinidade, etc.

Figura 9. Morfoloxía costeira asociada á presenza de illas volcánicas preto da costa.



4. Factores de control

Os factores de control serven principalmente para avaliar o cambio climático ou a evolución xeomorfolóxica e sedimentaria da costa. Tamén para definir riscos de inundacións costeiras e incluso en estudos de deslinde do Dominio Público Marítimo Terrestre.

Factor de control nº1: este é efectuado sobre a estabilidade sedimentaria da praia. É coñecido como balance sedimentario (ou variación do volume neto de sedimento) e que ven sendo o resultado dos aportes de sedimento menos as perdas no tramo de costa estudado.

Factor de control nº2: efectúase sobre as oscilacións do nivel do mar, condicionadas por procesos climáticos e tectónicos, que terán un papel moi importante na estabilidade da praia e na variación da posición da beira.

En función do comportamento destes factores, pódense definir as liñas de tendencia a medio e longo prazo, sempre que ditos factores non sufran alteracións significativas.

Dentro da análise a longo prazo podemos definir as transgresións e as regresións mariñas, que basicamente podemos definilas como desprazamentos en horizontal da liña de costa.

Transgresións mariñas: levan consigo un desprazamento da liña de beiramar cara á terra firme, e á súa vez levan asociada unha elevación do nivel do mar.

Regresións mariñas: levan consigo un desprazamento da liña de beiramar cara ó mar, o que ven asociado cun descenso do nivel do mar.

O anteriormente mencionado balance sedimentario é o resultado dos procesos de erosión, transporte e sedimentación costeira. Para o seu estudo hai que ter en conta tanto as entradas ou aportes de sedimentos, como as saídas ou perdas da zona de estudo, que terá unha extensión lonxitudinal (definida polo investigador) e uns límites transversais:

- Terra a dentro: abarca dende a beira, a praia seca e a zona de dunas.
- Mar a dentro: o límite márcao a afección da ondada sobre a superficie mariña.

As entradas ou aportes de sedimentos son debidas a:

- Correntes lonxitudinais e transversais debidas á ondada.
- Correntes debidas ó vento e á marea.
- Achegas de sedimentos dende as zonas continentais (achegas fluviais, erosión de acantilados e dunas).
- As saídas ou perdas de sedimentos son debidas a:
- Correntes lonxitudinais e transversais producidas pola ondada (movemento de deriva).
- Correntes debidas ó vento e á marea.
- Formación de dunas (actualmente non se considera unha perda).
- Eventos fluviais extraordinarios (poden arrastrar ou transportar material fóra da zona de acción da ondada).
- Canóns submarinos, lagoas costeiras, dragados próximos, etc.

O balance entre perdas e aportes, determinarán o signo final (positivo ou negativo). En función deste signo clasificaremos o tramo de costa estudado en tres posibles categorías:

Costa en equilibrio (ou estable): Na que o balance sedimentario é próximo a cero. Os procesos de erosión e sedimentación están compensados.

Costa inestable: Na que o balance sedimentario é negativo. Predomina a perda de sedimento nesa área, é dicir, o proceso predominante é o de erosión.

Costa hiperestable: Na que o balance sedimentario é positivo. Predomina a acumulación de sedimentos nesa área, é dicir, o proceso predominante é o de sedimentación.

ACTIVIDADES PROPOSTAS

Proponse unha actividade práctica orientada ó reforzo da comprensión por parte do alumnado dos contidos teóricos desenvolto nas clases expositivas. Esta actividade terá como obxectivo identificar os diferentes tipos de costas sobre a base de diferentes perfís morfolóxicos reais, elixidos ó azar polo profesor ou profesora e facilitados ao alumnado en formato dixital ou ben impresos.

O alumnado terá que identificar os tipos de costa e os factores de control presentes nos perfís facilitados. A devandita actividade será realizada na aula de seminarios en grupos reducidos baixo a supervisión do profesorado. Os resultados serán comunicados por medio dun informe final ao profesorado para a súa avaliación.

AVALIACIÓN DA UNIDADE DIDÁCTICA

A avaliación desta Unidade Didáctica faise conxuntamente co resto da materia de forma continuada. Os aspectos avaliados e os criterios e instrumentos empregados, así como o seu valor na cualificación final dos alumnos e alumnas recóllense a continuación:

Aspectos	Criterios	Instrumento	Valor (%)
Clases expositivas	- Asistencia - Coñecementos teóricos	- Folla de sinaturas	20
Seminarios Interactivos	- Asistencia - Participación - Capacidade de traballo en grupo - Formulación e resolución de exercicios e problemas	- Folla de sinaturas - Observacións e anotacións - Entrega de problemas e exercicios	20
Prácticas	- Asistencia - Aproveitamento das Prácticas	- Folla de sinaturas - Observacións e anotacións - Entrega e defensa de actividade proposta	20
Exame	- Coñecementos teóricos - Formulación e resolución de exercicios e problemas	- Proba escrita	40

BIBLIOGRAFÍA

- KAMPHUIS, J.W. (2000). *Introduction to Coastal Engineering and Management*. World Scientific.
- KOMAR, P.D., FERGUSON, B.K., OVEREND, M., MCDUGAL, W.G. (1998). *The modeling of processes and morphology in the coastal zone-reflections on the maturity of our science*. *Shore and Beach*, 66, 10-22.
- KOMAR, P.D. (1976). *Beach processes and sedimentation*. Englewood Cliffs: Prentice-Hall.
- MANUAL, S.P. (1984). *Coastal Engineering Research Center. Department of the Army, Waterways Experiment Station, 1*.
- BIERMAN, P.R AND DAVID, R.M. (2013). Key Concepts in Geomorphology. *Bird, E. (2011). Coastal Geomorphology: An introduction*. John Wiley & Sons.



Unha colección orientada a editar materiais docentes de calidade e pensada para apoiar o traballo do profesorado e do alumnado de todas as materias e titulacións da universidade

unidadesdidácticas
UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA