

Bases metodológicas para el uso de la modelización en la enseñanza y comprensión de la dinámica litoral

Methodological basis for the use of modelling in teaching and understanding sedimentological coastal dynamics

Olga Mayoral García-Berlanga, Marta Talavera Ortega

UNIVERSITAT DE VALÈNCIA

olga.mayoral@uv.es, marta.talavera@uv.es

Abstract

El presente trabajo plantea el uso de la modelización para mejorar la comprensión de ciertos problemas ambientales del litoral. En concreto se incluye la base metodológica que se empleó para la construcción de un modelo consensuado de enseñanza que recogiera los factores ambientales y antrópicos que determinan la dinámica de sedimentos del litoral. La elaboración del modelo de consenso contó con la colaboración de expertos en sedimentología y ecosistemas costeros, así como de profesorado de diferentes niveles educativos (desde Primaria hasta de Universidad), que ayudaron a seleccionar las edades con las que se podría trabajar esta modelización, colaborando así mismo en la elaboración del modelo gráfico que serviría de base de una intervención didáctica futura.

This paper proposes the use of modelling to improve the understanding of certain coastal environmental problems. In particular the methodological basis that was used to build a consensus teaching model, including environmental and human factors that determine the dynamics of coastal sediments, is included. The development of the consensus model had the collaboration of experts in coastal sedimentology and ecosystems as well as teachers of different educational levels (from Primary to University), which helped select the ages to which the modelling could be applied, helping also in developing the graphical model that would be the base for a future educational intervention.

Keywords: Coastline, methodologies, modelling, sediments.

Palabras clave: Litoral, metodologías, modelización, sedimentos.

1. Introducción

La costa, como ámbito de frontera donde confluyen procesos de los medios acuáticos, terrestres y atmosféricos sobre una franja muy estrecha (Pardo, 1991), es un patrimonio escaso, sometido a crecientes demandas y amenazas (Rosselló, 1993). Aunque el litoral ha ejercido una innegable atracción, hoy en día la costa es un territorio densamente poblado, lo que la convierte en un recurso estratégico de crucial importancia (BOE 129, 2013).

Los peligros que acechan los ecosistemas costeros son múltiples y de muy diversa naturaleza, consideramos que hay dos factores que resultan especialmente alarmantes: por una parte, el aumento de la densidad de población que vive en la costa y por otra, la preocupante regresión de la línea de costa.

Teniendo en cuenta que la costa es una estrecha franja, resulta evidente su vulnerabilidad frente a las variaciones del nivel del mar, por pequeñas que éstas sean, así como frente a inundaciones litorales y erosión costera (IPCC, 2014). A la amenaza del cambio climático se añaden muchos otros factores que afectan de manera directa o indirecta (Sanjaume y Rosselló, 1986; Pardo, 1991; Rosselló, 1993; Gómez-Serrano et al., 1999; Gómez-Serrano et al., 2001; Sanjaume y Pardo-Pascual, 2005; Alcántara, 2008) y en diferente grado de magnitud pero que quedan empujados frente al potencial destructor de la subida del nivel del mar.

Partiendo del impulso que supuso la Década de la Educación para un Futuro Sostenible, instituida por Naciones Unidas para el periodo 2005-2014 y desarrollada en su momento como respuesta a los serios y urgentes problemas que debe afrontar la humanidad (Vilches et al., 2012), consideramos esencial potenciar la participación ciudadana en las instancias políticas y toma de decisiones para la Sostenibilidad. Para ello, es necesario contar con una sociedad formada e informada que pueda interpretar la realidad de un modo razonado, libre y cargado de espíritu crítico.

En este sentido, el papel de los educadores de todos los niveles y áreas en la sensibilización y comprensión de los problemas ambientales resulta de vital importancia. Y la educación científica puede y debe jugar un papel significativo en la formación de una ciudadanía consciente capaz de integrar sus capacidades.

El presente estudio surge como consecuencia del convencimiento de la importancia de desarrollar herramientas que contribuyan a la comprensión del funcionamiento de los ecosistemas y de sus problemas ambientales. Por otra parte, los ecosistemas costeros son recursos didácticos de primer orden, no sólo para el estudio de los riesgos ambientales derivados de la actividad humana, sino también para muchos otros abordajes educativos (caracterización de ecosistemas, estudio de la biodiversidad, de las adaptaciones,...).

La experiencia presentada en este artículo se refiere a una etapa preparativa para la enseñanza de los procesos de erosión-sedimentación de las costas arenosas. Pretende establecer las bases metodológicas para llevar a cabo una actividad de modelización destinada a fomentar la comprensión de la dinámica de sedimentos y de la influencia de factores antrópicos sobre ésta. El objetivo final es que los alumnos creen sus propios modelos de la dinámica de erosión-sedimentación del litoral del entorno de la ciudad de Valencia a partir de una serie de explicaciones y documentación complementaria disponible.

Si bien existen algunos modelos que explican la sedimentología del litoral (Arche, 2010; Moreno-Casasola, 2006), no conocemos que se haya empleado como herramienta para la enseñanza del funcionamiento de un aspecto ambiental y de la problemática derivada de las actuaciones humanas. Este artículo resume el proceso de creación de un modelo de enseñanza que incluya los factores básicos que expliquen el funcionamiento de los sedimentos en nuestra costa.

2. Marco teórico

2.1. Concepto de modelo

El concepto de modelo recibe acepciones muy diversas. En términos generales, suele considerarse como una representación de la realidad, pero también puede representar un patrón, un prototipo, una idealización de la realidad, un conjunto de supuestos teóricos, etc. (Caracheo, 2002). Los modelos en muchas ocasiones son construcciones mentales que ayudan a aproximarnos a la realidad y características de un fenómeno para, en definitiva, facilitar su comprensión. De manera general, sabemos que a partir de nuestras experiencias y vivencias, creamos explicaciones y modelos con los que tratamos entender la realidad. En este sentido, se considera que la creación de modelos es una parte esencial de la actividad científica.

Entre sus características, cabe destacar:

- Son simplificaciones o aproximaciones (Ingham y Gilbert, 1991).
- Son representaciones ad hoc, realizadas con un propósito claramente definido y concreto: entender, predecir, etc.
- Pueden ser aproximaciones sucesivas que vayan explicando más a fondo una determinada realidad en un proceso evolutivo y gradual (Oliva y Aragón, 2007).
- Pueden ser plásticas: representaciones visuales (dibujos, maquetas)
- Pueden ser analogías, o el uso de analogías puede contribuir a la evolución de modelos explicativos, nuevos conceptos científicos e incluso teorías (Coll et al., 2006; Oliva y Aragón, 2007; Nersessian y Oliva, 2007).
- Pueden coexistir diferentes modelos que describan un mismo aspecto de la realidad (Grosslight et al., 1991).
- Todos tienen limitaciones.

2.2. Uso de modelos en la Didáctica de las Ciencias

Pero al referirnos a la enseñanza de las ciencias, existe otro tipo de modelo, el denominado **modelo enseñado**, que no es más que una adaptación de los modelos científicos al ámbito docente. También se usa el término de **modelo escolar**, como aquel que proviene del modelo mental del profesor y sirve de base en el proceso de enseñanza-aprendizaje. Estas tipologías surgen cuando los docentes simplifican los modelos científicos, adaptándolos para crear representaciones aptas para el trabajo en el aula.

El beneficio del empleo de modelos en la enseñanza de las ciencias ha sido ampliamente documentado, considerando los modelos como facilitadores de la comprensión de los conceptos científicos complejos y de fenómenos (Gilbert, 1993; Erduran, 1998; Harrison y Treagust,

2000; Vosniadou, 1999) e inherentes a la producción, divulgación y aceptación del conocimiento generado por la ciencia (Gilbert, 2004; Gobert y Buckely, 2000).

Por otra parte, sabemos que los estudiantes tienden a construir solos sus modelos mentales para su uso personal. Evidentemente, construir modelos conceptuales o científicos implica seguir unas “reglas del juego.” “reglas del modelaje en ciencias”, por lo que deberíamos enseñarles también dichas reglas si deseamos una transición del alumnado de sus modelos mentales a modelos conceptuales. Aunque esto parece ser evidente para la física y la química, y no tanto para la biología, cuanto mayor sea la capacidad de crear modelos de una manera a como se hace en ciencias, más significativo será el aprendizaje (Moreira et al., 2002).

A pesar de las dificultades que conlleva en ocasiones que los alumnos elaboren sus propios modelos, la gran fortaleza del uso de modelos en la enseñanza de las ciencias es su capacidad facilitadora del aprendizaje cuando se construye y utiliza (Felipe et al., 2005; Justí, 2011). Por lo general, los modelos que no son construidos por los propios alumnos no son tan consistentes, porque sólo al construir su propio modelo (y expresándolo, reformulándolo, etc.), el individuo crea una estructura representativa del fenómeno o proceso y desarrolla capacidades relacionadas con el conocimiento y la práctica de la ciencia. En definitiva, que los alumnos creen sus propios modelos les acerca a una comprensión más coherente, flexible y crítica del mundo, acorde con los retos que nos plantea la realidad actual y futura, que requerirá ciudadanos dispuestos a implicarse en acciones sociopolíticas (Justí, 2006).

Creemos importante añadir en este punto que el proyecto PISA considera que todo alumno con competencia científica debe pensar en términos de modelo de modo que pueda “crear y emplear modelos con objeto de hacer predicciones y dar explicaciones, analizar investigaciones científicas, relacionar entre sí datos que puedan constituirse en pruebas, evaluar explicaciones alternativas de un mismo fenómeno y exponer sus conclusiones con precisión” (OCDE, 2006).

2.3. Modelos de proceso-respuesta o modelos sedimentológicos

La sedimentología es una parte de la Geología que describe la formación, transporte y deposición de material que se va acumulando y que posteriormente suele formar rocas sedimentarias. Estos procesos pueden ocurrir tanto en ambientes continentales como marinos, abarcando desde la partícula submilimétrica a las cuencas sedimentarias de miles de kilómetros, desde procesos muy rápidos a otros de millones de años. Toda esta complejidad se rige por tres elementos principales: el tiempo, las Leyes físicas básicas y la vida (Arche, 2010).

Si bien, tal como se ha señalado, la sedimentología se define como el estudio del transporte y deposición de sedimentos (Leeder, 1999), también estudia la composición, estructuras internas y procesos hidrodinámicos de formación de sedimentos (Arche, 2010). La sedimentología moderna surgió a mediados del siglo XX, cuando comenzaron a elaborar *modelos de proceso-respuesta* o *modelos sedimentológicos*. Los primeros modelos sedimentológicos fueron los modelos de facies, propuestos para canales y llanuras mareales, ríos meandriformes, costas lineales, etc. (Arche, 2010). Estos modelos de facies evolucionaron hacia modelos de *sistemas deposicionales*, definidos como conjuntos de medios sedimentarios y sus productos asociados lateral y verticalmente de forma natural y limitados por discordancias.

En relación a las zonas costeras, en los últimos años se vienen desarrollado algunos modelos de recesión costera en relación con los factores geomecánicos del entorno y su respuesta ante las variaciones del nivel medio del mar como consecuencia del cambio climático (Castedo et al., 2012). La proliferación de este tipo de modelos parte de la base de que alrededor de la mitad de la población mundial vive en una franja de 60 km de ancho que sigue la línea de costa, lo

que requiere una planificación integrada de los recursos naturales y de los espacios ocupados por el hombre (Eurosion, 2004). El litoral español en particular ofrece ejemplos de implantación de ciertos usos del suelo que no han tenido en cuenta la actividad morfodinámica de la costa (Ayala-Carcedo y Olcina, 2002).

Existen diversos modelos de proceso-respuesta de recesión de acantilados costeros (Lee, 2008; Walkden y Dickson, 2008; Walkden y Hall, 2005, 2011; Trenhaile, 2009; Castedo et al., 2012).

Respecto a las costas bajas, existen también modelos desarrollados con la limitación de que por el momento es imposible que ninguno sea capaz de describir la morfodinámica de una playa en todo el rango de escalas espacio-temporales.

En relación a los modelos utilizados en el diseño de playas, se suelen dividir en (Vega de Seoane et al., 2007):

- **Modelos de evolución de playas.** Tratan de determinar las variaciones que la dinámica marina producirá en la playa como consecuencia del clima marino (oleaje, mareas, viento, precipitaciones, etc.) o de las características propias de la arena (calibre, distribución granulométrica, etc).
- **Modelos de equilibrio de playas.** Tratan de predecir la situación de equilibrio de una playa bajo unas condiciones climáticas determinadas. Suelen ser modelos sencillos que simplifican la forma de la playa en una línea de costa y en un perfil de equilibrio.

Diversos autores han tratado de explicar la dinámica de sedimentos de diferentes áreas litorales mediante el uso de modelos de equilibrio de playas. Por ejemplo, Arche (2010) muestra los procesos litorales del golfo de Cádiz plasmando sobre un esquema morfológico de ese sector del litoral los factores que ayudan a entender su dinámica. Moreno-Casasola (2006), representa en dos imágenes simplificadas de una playa tipo, la entrada y salida de sedimentos.

No hemos podido encontrar en la bibliografía el empleo de ningún modelo de dinámica de sedimentos del litoral en la didáctica de las ciencias.

3. Metodología. Elaboración del modelo sedimentológico de consenso

Para realizar un modelo que reuniese los factores principales que pueden explicar la dinámica de sedimentos en las áreas litorales, se realizó un modelo de partida que fue sometido a juicio de expertos externos, con profundos conocimientos en sedimentología o en ecosistemas litorales, así como a profesores de ciencias de diferentes niveles, que permitiesen completarlo y adecuarlo a las capacidades de los alumnos de diferentes niveles. Los expertos en sedimentología o ecosistemas litorales fueron: dos licenciados en geografía (un especialista en geografía física y otro especialista en geografía humana) y dos licenciados en biología, ambos especialistas en vegetación y paisajes de ecosistemas litorales mediterráneos. Los profesores consultados fueron cuatro profesores de ciencias: uno de Primaria, uno de Secundaria, uno de Bachillerato y uno de Universidad (Facultad de Magisterio). Los profesores aconsejaron la aplicación de la modelización a alumnos de Bachillerato y Universidad, ya que se tratan conceptos y procesos de cierta complejidad, por lo que todo el proceso de creación del modelo de consenso fue llevado a cabo teniendo en mente a qué nivel educativo iría destinada una futura intervención didáctica: Bachillerato y Universidad.

Se llegó a la conclusión de que la manera más clara de presentar nuestro litoral era mediante el uso de un mapa mudo de la costa del entorno de la ciudad de Valencia, una zona familiar para el alumnado. En él se debían incluir elementos como el puerto de Valencia, la Albufera y arrozales circundantes y el antiguo y el nuevo cauce del río Turia.

Con las aportaciones de los expertos en sedimentología y profesorado, se llegó a un modelo de consenso que incluía los factores principales que explican el funcionamiento de la dinámica sedimentológica en nuestra costa.

Este modelo incorporaba 19 factores que fueron seleccionados como esenciales para caracterizar los procesos sedimentológicos del litoral de la Comunidad Valenciana y de su problemática ambiental. El nombre de cada factor que debía de ubicarse en uno de estos tres lugares:

- mar adentro,
- en la franja litoral: en la misma playa,
- tierra adentro.

Se creó una cuarta categoría en la que si se trataba de un factor global, se rodeaba con un círculo el nombre del factor. Así mismo, se debía indicar mediante flechas ascendentes o descendentes si el factor aporta o resta sedimento. Se ha de señalar que existen factores, como las corrientes marinas, que aportan y restan sedimentos, según las condiciones.

4. Resultado. Modelo sedimentológico de consenso

La Figura 1 recoge el modelo de consenso elaborado a lo largo de un proceso de 2 meses en que se llevaron a cabo reuniones y revisiones conjuntas de diferentes tipos de modelos. El resultado es un modelo de máximos al que pueden llegar expertos en la materia, pero comprensible y asimilable por estudiantes de Bachillerato y Universidad.

MODELO DE EROSIÓN-SEDIMENTACIÓN EN LA COSTA VALENCIANA

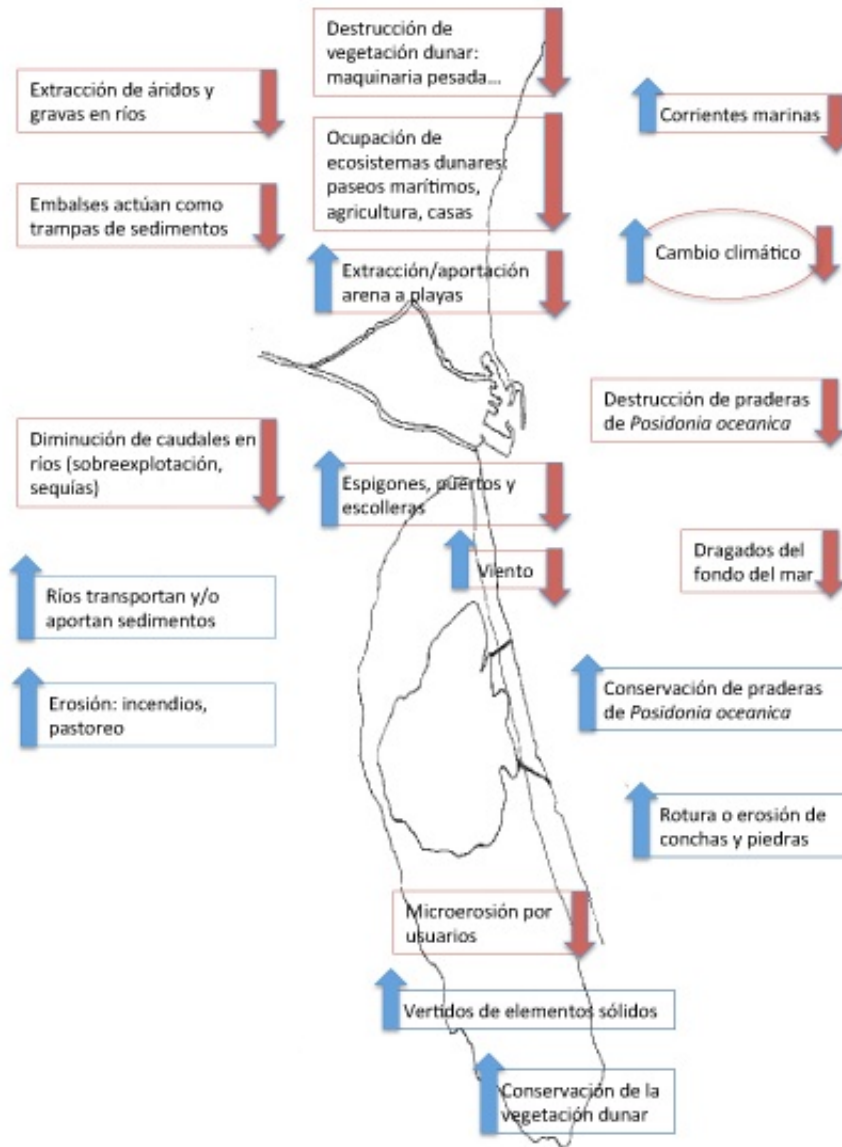


Figura 1: Modelo de consenso de erosión-sedimentación del litoral valenciano.

La Tabla 1 recoge esos 19 factores, indicando así mismo si los factores aportan o restan sedimentos, si su origen es natural o antrópico y si el factor se sitúa en el ámbito litoral, tierra adentro o en el mar.

nº	Factores	Origen		Aporta/resta sedimentos		Localización del factor		
		Natural	Antrópico	Aporta preserva	Resta	Tierra adentro	En la playa	En el mar
1	Ríos	✓		✓		✓		
2	Erosión (incendios, pastoreo...)	✓	✓	✓		✓		
3	Extracción de materiales (ríos)		✓		✓	✓		
4	Embalses		✓		✓	✓		
5	Disminución de caudales (ríos)	✓	✓		✓	✓		
6	Conservación vegetación dunar	✓	✓	✓			✓	
7	Vertidos de sólidos		✓	✓			✓	
8	Extracción/aporte artificial de arenas (playas)		✓	✓	✓		✓	
9	Espigones, puertos, escolleras...		✓	✓	✓		✓	
10	Viento	✓		✓	✓		✓	
11	Destrucción vegetación dunar		✓		✓		✓	
12	Ocupación ecosistemas dunares		✓		✓		✓	
13	Microerosión por usuarios		✓		✓		✓	
14	Conservación praderas submarinas	✓	✓	✓				✓
15	Fragmentación de material	✓		✓			✓	✓
16	Corrientes marinas	✓		✓	✓			✓
17	Cambio climático	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
18	Destrucción praderas submarinas		✓		✓			✓
19	Dragados del fondo del mar		✓		✓			✓

Tabla 1: Factores que explican la dinámica de sedimentos del litoral.

Cada uno de los 19 factores vienen explicados a continuación:

1. Los ríos transportan/aportan sedimentos

El aporte de sedimentos por ríos y ramblas se apunta como el factor principal de aporte de sedimentos a las playa. Los ríos ejercen una función de transporte a la vez que realizan una acción continua de erosión sobre los propios materiales que transportan y sobre el propio lecho fluvial.

2. Erosión: deforestación, incendios, pastoreo...

Todos los procesos producidos tierra adentro que suponen un aumento de la erosión de materiales que van siendo transportados a las cuencas fluviales, repercuten en un aumento de sedimentos que los ríos pueden llevar hasta su desembocadura. Destacan los siguientes factores: deforestación, incendios, pastoreo, cambios en el uso del suelo, erosión por laboreo, régimen pluviométrico desigual.

3. Extracción de áridos y gravas en ríos

Todos los materiales que se extraen de las cuencas fluviales, desaparecen del ciclo sedimentario normal y ya no serán transportados hasta las desembocaduras de los ríos para alimentar de materiales las playas.

4. Los embalses actúan como trampas de sedimentos

El impacto de presas y embalses es doble: por una parte, actúan como trampas de sedimentos, y por otro, rebajan la capacidad de transporte de materiales de los ríos como consecuencia de la disminución del caudal y de la velocidad de flujo de las aguas.

5. Disminución del caudal de los ríos

Una menor cantidad de agua en los ríos implica un menor transporte de sedimento.

6. Conservación de la vegetación dunar

La Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) recomienda expresamente que mantengan y promuevan la existencia de vegetación en las zonas costeras ya que, además de reducir la erosión costera, son creadoras de sombra natural, mitigando las elevadas temperaturas estivales.

7. Vertidos de sólidos

La aportación artificial de elementos sólidos supone un aumento de materiales que contribuyen a frenar la regresión de esa línea de costa.

8. Extracción/aporte de arena de playas

La regeneración de las playas y dunas mediante alimentación artificial, aportando arenas o gravas, es una de las más generalizada a pesar de suponer altos costes económicos y baja eficiencia. Por su parte, la extracción de arenas de las propias playas altera de manera muy significativa la disponibilidad natural de sedimentos.

9. Puertos, espigones y otras obras antrópicas

Los sedimentos se mueven a lo largo de la costa movidos por la deriva litoral, siempre que no haya accidentes naturales o artificiales que las interrumpa. El sentido natural de las corrientes marinas en la mayor parte del óvalo levantino (de NE a SW) explica que al norte de las estructuras que se construyen perpendiculares a la línea de costa se acumulen sedimentos, mientras que al sur, se produce el efecto contrario.

10. Viento

El viento tiene la capacidad de erosionar y transportar materiales y depositarlos.

11. Destrucción de vegetación dunar: maquinaria pesada, trasiego...

La destrucción de un ecosistema dunar puede realizarse en pocas horas mediante el uso de maquinaria pesada.

12. Ocupación de ecosistemas dunares: paseos marítimos, agricultura, casas...

Hasta mediados del siglo XX, el mayor impacto sobre las zonas costeras era el derivado de la ocupación de éstas para ser dedicadas a la agricultura. Sin embargo, posteriormente ha sido el desarrollo urbanístico y turístico el factor principal de ocupación de las dunas.

13. Microerosión por usuarios

Cada vez que visitamos una playa de arena, nos llevamos partículas de arena adheridas a nuestra piel, calzado, ropa, objetos, etc. Se trata de un efecto a pequeña escala que, sin embargo, debido a la escala que adquiere el número de visitas estivales, no es desdeñable.

14. Conservación de las praderas de Posidonia oceánica y otras fanerógamas marinas

La costa posee defensas naturales frente al ataque de las olas, corrientes y mareas. La primera de estas defensas es la pendiente del fondo que provoca que el oleaje rompa mar adentro, antes de llegar a la orilla, y que la energía se disipe sobre una gran extensión. A este efecto se ha de añadir el papel que juegan las praderas de fanerógamas marinas, como Posidonia oceánica.

15. Fragmentación y erosión de acantilados, rocas, piedras, conchas...

La acción erosiva que el mar ejerce sobre los elementos minerales en la costa o fondo marino aumenta la disponibilidad de materiales que pueden ser arrastrados por las corrientes marinas hasta las playas.

16. Corrientes marinas

Las corrientes marinas tienen capacidad para transportar un rango variable de tamaños de grano y pueden ser estables o variar ampliamente de forma periódica (como hacen las mareas) o episódica (por tormentas o vientos).

17. Cambio climático acelerado

Atendiendo a los últimos informes del Panel Intergubernamental del Cambio climático, es muy probable que el aumento del nivel medio del mar contribuya al aumento en los niveles altos de aguas costeras en el futuro. Existe gran certeza en que los lugares que en la actualidad sufren efectos adversos tales como la erosión costera y las inundaciones por agua marina, continuarán y se incrementarán en el futuro debido al aumento del nivel del mar.

18. Destrucción de praderas de Posidonia oceánica y otras fanerógamas marinas

Lamentablemente estas praderas submarinas sufren un declive a nivel mundial debido al intenso efecto de la presión humana sobre las áreas costeras.

19. Dragados del fondo del mar

El dragado de arena de la franja marina inmediatamente contigua a las dunas modifica el balance sedimentario, lo que propicia la erosión marina, la destrucción de la vegetación, provocando la recesión de las playas y sistemas dunares.

5. Conclusión

En el caso que nos atañe, el modelo es una representación parcial de la realidad, por lo que no es posible explicar la totalidad variables que explican la dinámica de sedimentos, por tratarse de una simplificación. Sin embargo, ofrece una explicación de los elementos y mecanismos de un proceso y de sus interrelaciones, lo que facilita su comprensión. Además, facilita la tarea de comunicarla o mostrarla a los demás, ya que ofrece un carácter descriptivo y a la vez explicativo. Un problema frecuente en la construcción del modelo es determinar las relaciones entre los diferentes variables. En nuestro caso, son múltiples las relaciones existentes entre los factores, que si bien pueden quedar en la mente, no fueron plasmados en el modelo gráfico.







El modelo que presentamos es una reproducción esquemática de las características de la realidad que facilita su investigación. Tiene similitud estructural y funcional con la realidad: incluye elementos esenciales, como la línea de costa, un río, una laguna, un puerto. El resto de elementos pueden ser añadidos por los alumnos mediante dibujos o letras. Se perseguía que fuese un modelo operativo y mucho más fácil de estudiar que el fenómeno real. También es un modelo flexible; realmente se pueden presentar tantos modelos como individuos los elaboran (la modelización es una actividad creativa) y todos pueden ser diferentes y válidos. Hemos de señalar aquí que entre las características de los modelos caben destacar que son precederos y que pueden existir varios para una misma realidad, característica esta última que puede enriquecer el proceso de aprendizaje, cuando los modelos son elaborados como herramientas didácticas, como es el caso.

El modelo tiene dos limitaciones que deberán ser expuestas a los alumnos al inicio de la actividad.











- No cuantifica la magnitud de cada uno de los factores, de modo que hay factores cuya influencia es mucho menor que otros sobre la dinámica de sedimentos. Se trata, pues de un modelo cualitativo que describe la realidad, incluyendo las relaciones entre diferentes factores o componentes del sistema sin cuantificar dichas relaciones, sino solamente tratando de facilitar el entendimiento de cómo funciona el proceso o realidad.
- La representación de los factores sobre un mapa del litoral en torno a la ciudad de Valencia, aunque ayuda a los alumnos a ubicarse en un entorno conocido, obliga a ubicar algunos factores con poca exactitud respecto a donde realmente se produce el factor. Por ejemplo, la escala del mapa no permite ubicar el factor “embalses” donde realmente hay embalses en el río Turia.







El establecimiento del modelo de consenso permitió establecer la base para el trabajo posterior en las aulas con el alumnado de Secundaria, Bachillerato y Universidad, con el que se trabajaría con mapas mudos sobre los que deberían ir introduciendo factores determinantes de la sedimentología litoral a lo largo de un proceso de enseñanza-aprendizaje que incluiría visionado de imágenes, junto con explicaciones, revisión de literatura científica asequible a su nivel, informes técnicos de la administración, recortes de prensa, etc.

Referencias

-  Alcántara J. (2008). *Los riesgos naturales en el litoral: la amenaza creciente*. Lección magistral leída en el solemne acto de apertura del curso académico 2008-2009. Universidad Católica de Valencia. San Vicente Mártir.
-  Arche A. (Ed.) (2010). *Sedimentología: Del proceso físico a la cuenca sedimentaria*. Textos Universitarios 46. Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) Press. Madrid.
-  Ayala-Carcedo F. J., Olcina J. (2002). *Riesgos naturales. Ariel, Barcelona*. BOE 129 (2013). Ley 2/2013, de 29 de mayo, de protección y uso sostenible del litoral y de modificación de la Ley 22/1988, de 28 de julio, de Costas. Agencia Estatal. Boletín Oficial del Estado. Ministerio de Presidencia. Gobierno de España.
-  Caracheo F. (2002). *Modelo educativo (propuesta de diseño)*. Dirección General de Institutos Tecnológicos. Coordinación Sectorial de Normatividad Académica. México: CIDET.
-  Castedo R., Paredes C., Fernández M., De La Vega R. (2012). *Modelo proceso-respuesta de recesión de acantilados por variación del nivel del mar. Aplicación en la Costa de Holderness (Reino Unido)*. Boletín Geológico y Minero, 123 (2), 109–126.
-  Coll R. K., France B., Taylor I., Oliva J. M. (2006). *Reseña de “El papel de los modelos y analogías en la educación en ciencias: implicaciones desde la investigación”*. Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias, 3(1), 160–162.

-  Erduran S. (1998).
Modeling in chemistry as cultural practice: a theoretical framework with implications for chemistry education.
Comunicación presentada en Annual Meeting of the American Educational Research Association. San Diego. EUA.
-  EUROSION (2004).
Living with Coastal Erosion in Europe: Sediment and Space for Sustainability.
Results from the EuroSION study. European Commission.
-  Felipe A. E., Gallarreta S. C., Merino G. (2005).
La modelización en la enseñanza de biología del desarrollo.
Revista electrónica de Enseñanza de las Ciencias Vol. 4 N° 3.
-  Gobert J. D., Buckley B. C. (2000).
Introduction to model-based teaching and learning in science education.
International Journal of Science Education, 22 (9), 891–894.
-  Gómez-Serrano M. A., Domingo J., Mayoral O. (1999).
Vegetación Litoral y Cambios en el Paisaje de la Provincia de Castellón.
Premio Ciudad de Castellón 1998 de Ciencias. Ayuntamiento de Castellón de la Plana.
-  Gómez-Serrano M. A., Mayoral O., Domingo J. (2001).
Guía de la Naturaleza del litoral de Castellón. Itinerarios para conocer su fauna, flora, paisaje e historia.
Ed. Antinea. Vinaroz.
-  Gilbert J. K. (Ed.) (1993).
Model and modelling in Science Educations.
Hatfield, UK: Association for Science Education.
-  Grosslight L., Unger C., Jay E., Smith C. (1991).
Understanding models and their use in science: Conceptions of middle and high school students and expert.
Journal of Research in Science Teaching, 28 (9), 799–822.
-  Harrison A., Treagust D. F. (2000).
Learning about atoms, molecules, and chemical bonds: a case of multiple model use in grade 11 chemistry.
Science Education, 84 (3), 352–381.
-  Ingham A., Gilbert J. (1991).
The use of analogical models by students of chemistry at higher education level.
International Journal of Science Education, 13 (2), 193–202.
-  IPCC (2007).
Cambio climático 2007: Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Cuarto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático.
Pachauri, R.K. y Reisinger, A. (Eds.). IPCC, Ginebra, Suiza. [Disponible en línea].
https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/syr/ar4_syr_sp.pdf
-  Justi R. (2006).
La enseñanza de ciencias basada en la elaboración de modelos.
Enseñanza de las Ciencias, 24 (2), 173–184.

-  [Justi R. \(2011\).](#)
Las concepciones de “modelo” de los alumnos, la construcción de modelos y el aprendizaje de las ciencias. Una relación compleja y central en la enseñanza de las ciencias.
En Caamaño, A. (Coord.) Didáctica de la Física y Química. Barcelona: Editorial Graó, de IRIF, S.L.
-  [Lee E. M. \(2008\).](#)
Coastal cliff behaviour: Observations on the relationship between beach levels and recession rates.
Geomorphology, 101, 558–571.
-  [Leeder M. R. \(1999\).](#)
Sedimentology and Sedimentary Basins: from turbulence to Tectonics.
Blackwell, Oxford.
-  [Moreira M.A., Greca I. M., Rodríguez Palmero M. L. \(2002\).](#)
Modelos mentales y modelos conceptuales en la enseñanza & aprendizaje de las ciencias. (Mental models and conceptual models in the teaching & learning of science).
Revista Brasileira de Investigación em Educação em Ciências, 2(3)84–96.
-  [Moreno-Casasola P. \(2006\).](#)
Playas y dunas. En: Moreno-Casasola, P., Peresbarbosa, E. y Travieso-Bello, A. C. (Ed.)
Estrategias para el manejo integral de la zona costera: un enfoque municipal. Instituto de Ecología A.C.-Comisión Nacional de Areas Naturales Protegidas (SEMARNAT)- Gobierno del Estado de Veracruz. Xalapa, Ver., México. Vol I: 121–149.
-  [Nersessian N., Oliva J. M. \(2007\).](#)
Reseña de “Razonamiento basado en modelos y cambio conceptual” de Nancy Nersessian.
Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias, 4 (3), pp. 563–570.
-  [Oliva, J. M., Aragón, M. M. \(2007\).](#)
Pensamiento analógico y construcción de un modelo molecular para la materia.
Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias, 4 (1), 21–41.
-  [Pardo J. E. \(1991\).](#)
La erosión antrópica en el litoral valenciano. Generalitat Valenciana.
Conselleria d’Obres Públiques, Urbanisme i Transports. València.
http://www.ciccp.es/webantigua/icitema/comunicaciones/Tomo_1/T1p847.pdf
-  [Rosselló V. M. \(1993\).](#)
Sedimentos, ambiente, hombre.
Estudios sobre el Cuaternario 1993 : 7–14.
-  [Sanjaume E., Pardo-Pascual J. E. \(2005\).](#)
Erosion by human impact on the Valencian coastline (E of Spain).
Journal of Coastal Research, SI 49 (Proceedings of the 2nd Meeting in Marine Sciences), 76–82. Valencia-Spain.

-  [Sanjaum, E., Rosselló V. M. \(1986\).](#)
Evolution and Man's impact in the País Valencià coast.
Peníscola-Sagunt-Albufera de València. *Thalassas*, 4, 1, 163–173.
-  [Trenhaile A.S. \(2009\).](#)
Modeling the erosion of cohesive clay coasts.
Marine Geology, 56 (1), 59–72.
-  [Vega De Seoane C., Gallego Fernández J., Vidal Pascual C. \(2007\).](#)
Manual de restauración de dunas costeras.
Ministerio de Medio Ambiente. Dirección General de Costas (MAGRAMA).
-  [Vosniadou S. \(1999\).](#)
Mental Models in Conceptual Development. En Magnani, L., Nersessian,
N.J. y Thagard, P. (Eds.),
Model-based Reasoning in Scientific Discovery, 253-368.
Nueva York: Kluwer and Plenum Publishers.
-  [Walkden M. J. A., Hall J. W. \(2005\).](#)
A predictive mesoscale model of the erosion and profile development on soft
rock shores.
Coastal Engineering, 52, 535–563.
-  [Walkden M. J. A., Hall J. W. \(2011\).](#)
A mesoscale predictive model of the evolution and management of a soft-rock coast.
Journal of Coastal Research, 27(3), 529–543.