



UNIVERSITAT DE
BARCELONA

SIMSAFADIM-CLASTIC: Modelización 3D de transporte y sedimentación clástica subacuática

Òscar Gratacós Torrà



Aquesta tesi doctoral està subjecta a la llicència **Reconeixement- NoComercial – Compartirlqual 4.0. Espanya de Creative Commons.**

Esta tesis doctoral está sujeta a la licencia **Reconocimiento - NoComercial – Compartirlqual 4.0. España de Creative Commons.**

This doctoral thesis is licensed under the **Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0. Spain License.**

Capítulo 1

Presentación

1.1 [Introducción y objetivos](#)

1.1 Introducción y objetivos

La modelización de cuencas sedimentarias ha sido, desde los años 70, un importante campo de investigación principal de análisis por parte de numerosos autores (Harbaugh y Bonham-Carter, 1970; Allen, 1978; Bitzer y Harbaugh, 1987; Hardy y Gawthorpe, 1998; Haupt *et al.*, 1999; Bitzer y Salas, 2002) ya que puede proporcionar información sobre las características físicas, químicas y petrológicas de los cuerpos sedimentarios, así como de su distribución espacial y temporal, y las diferentes relaciones existentes entre ellos. Este hecho determina la importancia de su aplicación en los campos de la prospección de hidrocarburos y otros recursos de interés, como pueden ser los acuíferos y su explotación o control, añadiéndose también su interés científico inherente.

Muchos de los modelos realizados se han limitado a las dos dimensiones del espacio (Komar, 1973; Bridge y Leeder, 1979; Strobel *et al.*, 1989; Bitzer y Harbaugh, 1987; Hardy *et al.*, 1994; Syvitski y Hutton, 2001) a causa, entre otras razones, de la dificultad (informática y matemática) que ha comportado durante muchos años la modelización de procesos en tres dimensiones del espacio. Este hecho conlleva una limitación importante en el realismo de la geometría y distribución de los cuerpos sedimentarios obtenidos, teniendo en cuenta que dependen de los procesos que los generan y que éstos actúan en las tres dimensiones del espacio. Varios modelos han abordado la modelización de la sedimentación carbonatada (Read *et al.*, 1986; Goldhammer *et al.*, 1987; Bosence y Waltham 1990; Bice 1991) y otros la de terrígenos (Lawrence *et al.*, 1990; Martínez y Harbaugh, 1994; Flemings *et al.*, 1996a, 1996b; Hardy y Gawthorpe, 1998). Sin embargo, pocos han intentado una modelización conjunta de ambos y, si lo han hecho, se han limitado a las 2D o han utilizado leyes empíricas que, aunque extraen resultados realistas, no contemplan los procesos reales que han tenido lugar. Ello ha implicado reducir, en la mayoría de los casos, el campo de aplicación de los mismos y, por ejemplo, obviar el efecto que provoca sobre los organismos productores de carbonato la presencia de sedimentos clásticos en suspensión dentro del sistema.

En este marco, el objetivo principal de la tesis es la elaboración de un programa informático capaz de modelizar, en las tres dimensiones del espacio (3D), el transporte y sedimentación de diferentes materiales clásticos (terrígenos y carbonatados) y su interferencia sobre la producción carbonatada dentro de una cuenca sedimentaria. Con ello se pretende poder establecer las interrelaciones espaciales y temporales de los

cuerpos sedimentarios generados y obtener una representación tridimensional de diversos parámetros característicos de cada cuerpo sedimentario. Asimismo, se persigue la elaboración de una herramienta informática capaz de reproducir arquitecturas deposicionales realistas a partir de un gran número de parámetros introducidos que permite un índice de libertad elevado.

Concretamente, se presenta un nuevo modelo matemático 3D de transporte y sedimentación clástica que se ha incorporado al modelo de sedimentación carbonatada de Bitzer y Salas (2001) y su respectiva extensión a las 3D en el código llamado SIMSAFADIM, **SIM**ulation of **Stratigraphic Architecture and FA**cies **DI**stribution **M**odel (Bitzer y Salas, 2002). Respecto a este código precursor (SIMSAFADIM), la nueva versión, denominada SIMSAFADIM-CLASTIC, incorpora el transporte y sedimentación de materiales clásticos y su interrelación con organismos productores de sedimentos carbonatados, así como un método de control sobre el volumen de sedimento presente en el sistema, que asegura un balance de masa correcto y un algoritmo coherente para la sedimentación y la discretización temporal (*time-stepping*) utilizados. Para visualizar los resultados obtenidos, se han desarrollado diferentes programas (Visualization GOCAD y CREATESCRIPITS) que permiten automatizar la visualización con el paquete informático GOCAD®.

La memoria en la que se presentan los resultados de este trabajo se ha organizado en 8 capítulos. Siguiendo a esta introducción (capítulo 1), en el capítulo 2 se introducen los conceptos necesarios acerca de los modelos y la modelización para facilitar la lectura. También se describe el flujo metodológico seguido y se proporciona una clasificación de los diferentes tipos de modelos existentes. Finalmente, se presenta el estado actual de conocimiento dentro del campo de la modelización de cuencas sedimentarias mediante una breve descripción de los trabajos realizados hasta la actualidad.

En el Capítulo 3, se expone el modelo conceptual y matemático utilizado en la elaboración del programa SIMSAFADIM-CLASTIC para reproducir el sistema del flujo de fluido, el transporte y la sedimentación, y se introducen los conceptos teóricos a partir de los cuales estos modelos conceptuales se han creado. Al final del capítulo se discuten las limitaciones inherentes a muchos de los programas generados hasta la actualidad y que utilizan un modelo de transporte por difusión pura para asimilar el proceso del transporte de sedimento.

Una discusión sobre la ecuación del transporte y los criterios de estabilidad que se imponen para asegurar su correcta solución numérica, se describe en el capítulo 4. Se incluyen también las comparaciones entre los valores obtenidos por el programa y las correspondientes soluciones analíticas para el transporte difusivo y dispersivo. En la parte final del capítulo, se analizan los experimentos realizados para comprobar si el programa cumple con la ley de conservación de masa, y se expone el método utilizado

para controlar el volumen de sedimento presente en el sistema y que asegura un balance de masa correcto. Para finalizar se discuten los resultados y el método presentado.

En el capítulo 5, se describe el esquema de trabajo y los programas que se han utilizado para obtener la modelización de un sistema sedimentario bajo estudio, desde la preparación de los datos, pasando por el cálculo numérico y terminando con la visualización de los resultados. El capítulo 6 corresponde a la aplicación de este esquema de trabajo anterior a dos ejemplos reales. El primero se centra en un ejemplo antiguo (cuenca miocena del Vallès-Penedès); el segundo en un ejemplo actual (embalse de Camarasa).

Las principales conclusiones obtenidas en el presente trabajo, se recogen en el capítulo 7, donde también se enumeran las limitaciones que, hasta la actualidad, presenta el programa y se citan las ideas y las posibles acciones a realizar en el futuro para mejorar y ampliar el programa desarrollado.

Por último, el capítulo 8 recoge la bibliografía utilizada y citada en el presente trabajo.

Adjunto a la memoria, se ha incluido un Anexo y un CD con los códigos de los programas realizados en lenguaje Fortran 77 y los archivos utilizados por cada uno. Este anexo corresponde, principalmente, a un manual de utilización de los diferentes programas en el que se explica el formato de los archivos de entrada, los parámetros definidos en cada uno de ellos y los respectivos ficheros de salida con los resultados obtenidos. Este manual puede ser utilizado independientemente del cuerpo principal de la memoria y pretende ser autosuficiente para realizar un modelo con los programas desarrollados en esta tesis. En el CD también se recogen todos los ficheros utilizados en los diferentes experimentos y los resultados obtenidos en cada uno de ellos. También se incluye el trabajo previo de Bitzer y Salas (2002) para su consulta.