

# El sistema de pliegues y cabalgamientos oblicuos de St. Jordi–Sierra Boada (Sierras Marginales, Unidad Surpirenaica Central)

*The oblique St. Jordi–Sierra Boada fold-thrust system (Sierras Marginales, South Pyrenean Central Unit)*

Ruth Soto<sup>1</sup>, Andrés Pocoví<sup>2</sup> y Pablo Santolaria<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Instituto Geológico y Minero de España (Unidad de Zaragoza). C/ Manuel Lasala 44, 9B, 50006 Zaragoza, España. r.soto@igme.es

<sup>2</sup> Departamento de Ciencias de la Tierra, Universidad de Zaragoza. C/ Pedro Cerbuna 12, 50009 Zaragoza, España. apocovi@unizar.es, psotin@unizar.es

## ABSTRACT

The St. Jordi–Sierra Boada fold-thrust system, in the eastern border of the Sierras Marginales unit, consists of a set of E-verging imbricate thrusts detached on the Triassic evaporites and shales, and branched at depth on the South Pyrenean deformation front. Related tight hanging wall anticlines, and/or thrusts at their hinge zones, cored by Triassic rocks (Keuper facies) and gentle synclines formed above the hanging wall thrust flats are associated with these thrusts. These geometries are related with important thicknesses of Keuper facies compared with thinner cover materials in this sector of the South Pyrenean Central Unit, that might favour fold nucleation due to salt tectonic processes. This work presents new data dealing with their origin and kinematics, pointing out the need of more data to fully understand this system.

**Key-words:** South Pyrenean Central Unit, Sierras Marginales, St. Jordi–Sierra Boada fold-thrust system.

## RESUMEN

El sistema de St. Jordi–Sierra Boada, en el extremo oriental de la unidad de las Sierras Marginales, consiste en una serie de cabalgamientos imbricados vergentes al E que despegan a favor de las arcillas y yesos del Triásico, y cuyas superficies se entroncan en profundidad con el cabalgamiento frontal surpirenaico. Estos cabalgamientos llevan asociados anticlinales de bloque superior muy apretados, y/o cortados en su núcleo por cabalgamientos, con núcleos de materiales triásicos (facies Keuper) y sinclinales laxos que se disponen en el rellano de bloque superior. Estas geometrías se relacionan con la existencia de un importante espesor de facies Keuper en relación a los materiales de cobertera adelgazados en este sector de la Unidad Surpirenaica Central, que podría haber favorecido la nucleación de los pliegues por procesos de tectónica salina. En este trabajo se presentan nuevos datos en relación a su origen y cinemática remarcando la necesidad de obtener más datos para avanzar en su conocimiento.

**Palabras clave:** Unidad Surpirenaica Central, Sierras Marginales, sistema de pliegues y cabalgamientos de St. Jordi–Sierra Boada.

Geogaceta, 58 (2015), 91–94  
ISSN (versión impresa): 0213-683X  
ISSN (Internet): 2173-6545

Fecha de recepción: 4 de febrero de 2015  
Fecha de revisión: 29 de abril de 2015  
Fecha de aceptación: 15 de mayo de 2015

## Introducción

La unidad más moderna y meridional de la Unidad Surpirenaica Central (USPC; Séguuret, 1972), la lámina de las Sierras Marginales, se caracteriza en su terminación oriental por la presencia de un sistema de pliegues y cabalgamientos orientados aproximadamente NNE–SSW a NE–SW, el sistema de St. Jordi–Sierra Boada (Pocoví, 1978), un conjunto de láminas de extensión muy reducida localizado en la posición más meridional del conjunto alóctono (ICC, 2006) (ver Fig. 1).

En cuanto a su cinemática, los datos paleomagnéticos de Dinarès–Turell (1994) en calizas mesozoicas de la lámina de St. Jordi no permiten discernir la presencia o no de rotaciones de eje vertical de estas estructu-

ras para poder explicar el origen primario o secundario de su oblicuidad. En este trabajo se analizan las orientaciones de los pliegues, los indicadores cinemáticos sobre planos de estratificación y sus relaciones con las variaciones de espesor de la serie estratigráfica para aportar nuevos datos sobre el origen y cinemática del sistema.

## Estratigrafía

El sector estudiado se caracteriza por presentar una de las sucesiones de materiales mesozoicos mejor desarrollada de las Sierras Marginales. Sobre las arcillas y yesos del Triásico (facies Keuper) aparecen materiales jurásicos. Los materiales del Cretácico superior se disponen en discordancia angular sobre una superficie de erosión desarrollada

durante el Cretácico inferior sobre la serie jurásica (Pocoví, 1978). El espesor de la serie mesozoica se reduce hacia el S, puesto que el área se sitúa próxima al margen de la cuenca mesozoica pirenaica, y hacia el E, mostrando una geometría en cuña tridimensional (Pocoví, 1978). Por encima se disponen las facies continentales del Maastrichtiense–Paleoceno (Garumn) y materiales primero marinos y luego detríticos continentales del Eoceno inferior (Muñoz, 1992).

Estos materiales mesozoico-terciarios de cobertera se superponen a favor del cabalgamiento de las Sierras Marginales (frente cabalgante surpirenaico) a las evaporitas del Eoceno terminal–Oligoceno inferior de la cuenca del Ebro (Fm. Barbastro; Martínez–Peña y Pocoví, 1988) o sus equivalentes terrígenos. Por encima de la Fm.

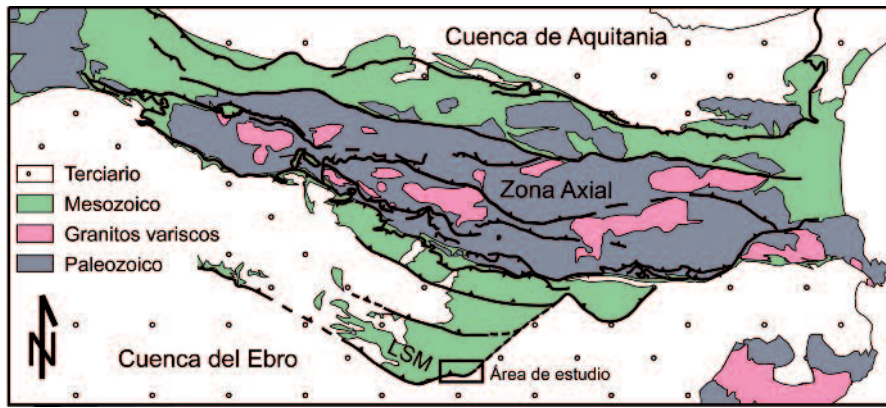


Fig. 1.- Localización del área de estudio en la cordillera Pirenaica. LSM = Lámina de Sierras Marginales.

Fig. 1.- Location of the studied area in the Pyrenees. LSM = Sierras Marginales thrust sheet.

Barbastro se encuentran los materiales continentales Oligoceno-Miocenos de la cuenca del Ebro.

**Estructura**

La descripción de la estructura del área de estudio se ha realizado a partir de un esquema fotogeológico (Fig. 2) y dos cortes geológicos orientados E-W y N-S (ver situación cortes en Fig. 2).

*Corte E-W*

El corte E-W (Fig. 3) se extiende desde el cauce del río Segre al N de Camarasa, en el W, hasta las inmediaciones de Artesa de Segre, en el bloque inferior del frente cabalgante surpirenaico. El frente cabalgante surpirenaico cambia de orientación en esta zona, pasando de una dirección E-W a NE-SW (Fig. 2), dando lugar a una de las rampas laterales de la alineación del Segre que constituyen el

límite oriental de la USPC. Tanto los materiales jurásicos como cretácicos sufren un acúñamiento general en su potencia hacia el E, mientras que los materiales yesíferos triásicos presentan un engrosamiento diapírico asociado a los núcleos de los anticlinales y un adelgazamiento en los sinclinales.

La sección corta perpendicularmente a dos de los pliegues oblicuos del sistema de St. Jordi-Sierra Boada: el anticlinal de Carbonera y el sinclinal de Sierra Boada, y de forma oblicua a los sinclinales de St. Jordi (Fig. 4), Rubió y Foradada (Figs. 2 y 3). Los s. de St. Jordi y Sierra Boada presentan inmersión hacia el N, mientras que los s. de Rubió y Foradada hacia el S. La estructura en este corte está definida básicamente por una serie de cabalgamientos imbricados vergentes al E que despegan en la base de la serie mesozoica y cuyas superficies se entroncan en profundidad con el cabalgamiento frontal surpirenaico. Estos cabalgamientos llevan asociados anticlinales de bloque superior muy apretados, y/o cortados en su núcleo por cabalgamientos (ej., anticlinal de Carbonera) con núcleos de materiales triásicos (facies Keuper) y flancos verticalizados e invertidos. Los sinclinales son laxos y se dis-

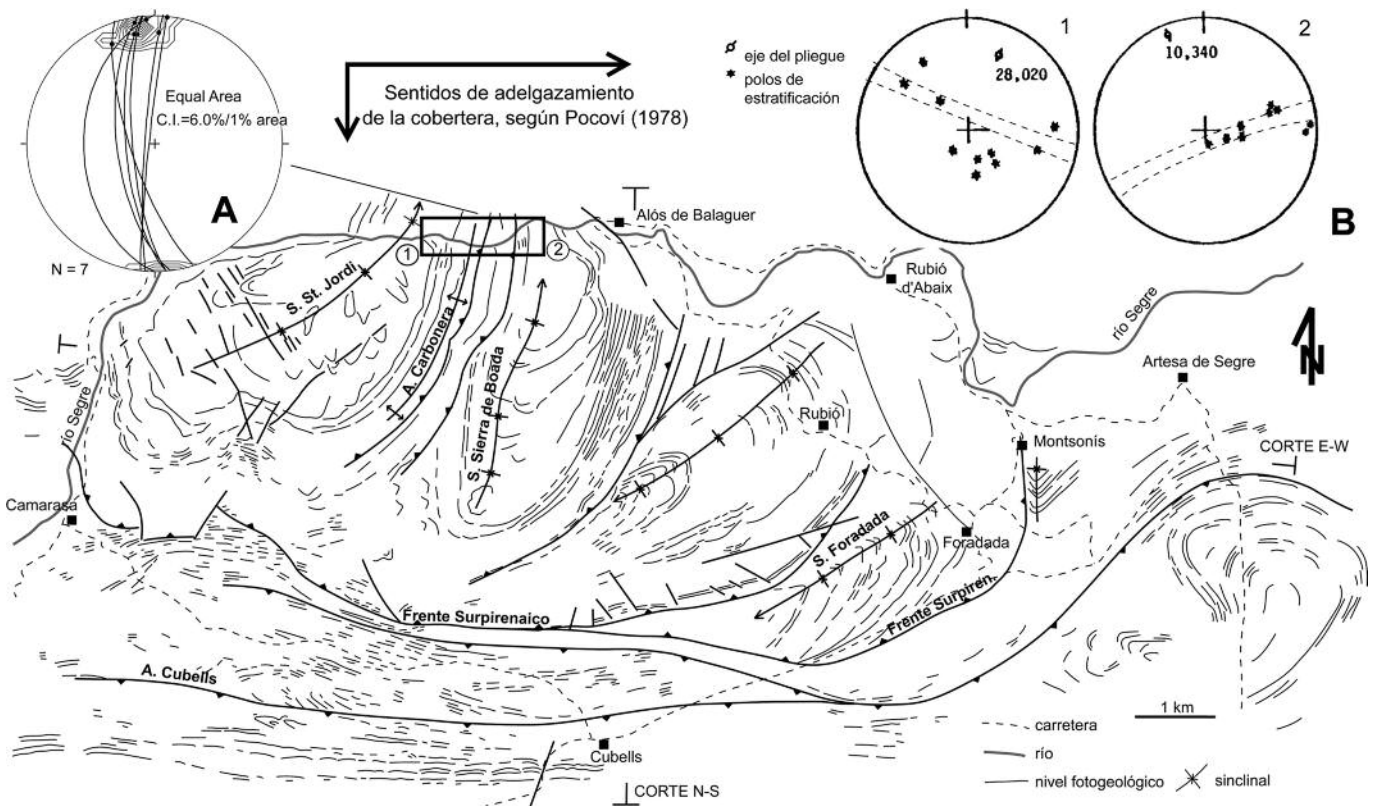


Fig. 2.- Esquema fotogeológico de los pliegues oblicuos de la terminación oriental de las Sierras Marginales y datos estructurales. A) Indicadores cinemáticos (estrias) sobre planos de estratificación. B) Eje de los sinclinales de (1) St. Jordi y (2) Sierra Boada a partir de polos de estratificación. Se observa el carácter no cilíndrico de los mismos.

Fig. 2.- Interpretation of aerial photographs of the oblique folds located on the Sierras Marginales eastern termination and structural data. A) Slickensides on bedding surfaces. B) Fold axes deduced from bedding poles of (1) St. Jordi and (2) Sierra Boada synclines. Their non-cylindrical character is observed.

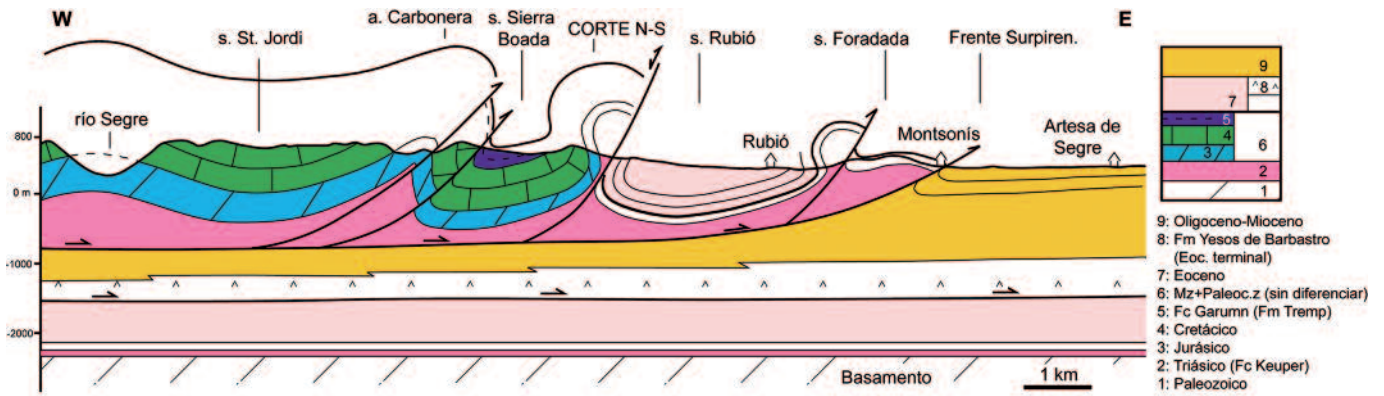


Fig. 3.- Corte geológico E-W del sector oriental de las Sierras Marginales (a = anticlinal; s = sinclinal). Datos referentes a la profundidad del basamento y cabalgamiento basal están basados en los cortes geológicos de Vergés (1993).

Fig. 3.- E-W geologic cross-section of the Sierras Marginales eastern sector (a = anticline; s = syncline). Basement and basal thrust depths are based on cross-sections from Vergés (1993).

ponen sobre rellanos de bloque superior, con buzamientos suaves en su núcleo, que aumentan rápidamente al llegar a los flancos, definiendo geometrías de pliegues en caja (p. ej., sinclinal de Rubió).

El sistema de pliegues oblicuos descrito se halla en el bloque superior del frente cabalgante surpirenaico, cuyo emplazamiento lleva asociado un sinclinal de bloque inferior, el sinclinal de Montsonís. Por debajo de esta lámina y aprovechando el nivel de despegue que constituyen los yesos de la Formación Barbastro (Eoceno terminal-Olig. inf.), se sitúa el cabalgamiento basal que se amortigua en los materiales de la cuenca del Ebro y genera pliegues como el anticlinal de Barbastro-Balaguer o el sistema de pliegues de traza axial sigmoidal situados al E de la alineación del Segre.

Corte N-S

El corte N-S se extiende desde Alòs de Balaguer, al N, hasta el sinclinal de Agra-

mund, al S de la localidad de Cubells. Esta sección es paralela al eje del sinclinal de Sierra Boada, corta de manera oblicua al sinclinal de Rubió y al sinclinal de Foradada, y de manera perpendicular al anticlinal de Cubells (Fig. 5). Como en el corte anterior, los materiales mesozoicos (exceptuando los materiales triásicos) presentan una disminución de potencia, acuñándose hacia el S.

La estructura de este corte está definida, como en el corte E-W, por una serie de cabalgamientos imbricados que se entroncan en profundidad y despegan en la base de la serie mesozoica, gracias al nivel de despegue que constituyen los materiales de las facies Keuper. El cabalgamiento basal de este sistema emerge dando lugar al frente cabalgante surpirenaico en esta zona. Esta estructura no constituye la estructura pirenaica más meridional, ya que todavía aparece una serie de pliegues asociados al anticlinal de Barbastro-Balaguer algo más al S. Tanto el anticlinal de Cubells como el sinclinal de Agramunt (o sinclinal

de Mafet) constituyen una de las ramificaciones que presenta el anticlinal de Barbastro-Balaguer al E de Balaguer (Pocoví, 1978; Martínez-Peña y Pocoví, 1988).

El sector norte del corte N-S atraviesa el extremo meridional del domo de Sant Mamet (Pocoví, 1978) y a continuación el extenso afloramiento de Triásico que Vergés (1993) denomina el diapiro de Alòs. Al S del frente cabalgante surpirenaico, el corte atraviesa el anticlinal de Cubells y el flanco septentrional del sinclinal de Agramunt. Ambas estructuras, como hemos mencionado con anterioridad, constituyen una de las ramificaciones que experimenta el anticlinal de Barbastro-Balaguer en esta zona. El anticlinal de Cubells está asociado a un retrocabalgamiento que lo atraviesa en su núcleo y despegan en los yesos de la Formación Barbastro. El retrocabalgamiento se entronca en profundidad con el cabalgamiento basal cuyo amortiguamiento hacia el S en los materiales del autóctono de la unidad de las Sierras Marginales da lugar al anticlinal de



Fig. 4.- Vista hacia el S del sinclinal de St. Jordi.

Fig. 4.- View towards the S of the St. Jordi syncline.

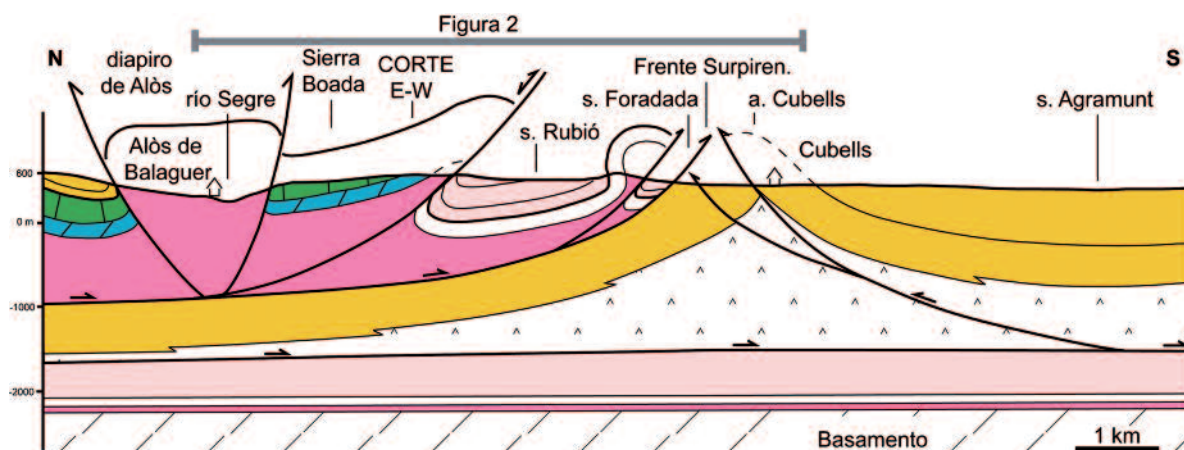


Fig. 5.- Corte geológico N-S del sector oriental de las Sierras Marginales. Datos referentes a la profundidad del basamento y cabalgamiento basal están basados en los cortes geológicos de Vergés (1993). Misma leyenda que Fig. 3. a = anticlinal; s = sinclinal.

Fig. 5.- N-S geologic cross-section of the Sierras Marginales eastern sector. Basement and basal thrust depths are based on cross-sections from Vergés (1993). Same legend as Fig. 3. a = anticline; s = syncline.

La Sentiu, al Sur del sinclinal de Agramunt. El anticlinal de Cubells es un pliegue apretado en el núcleo, mientras que el sinclinal de Agramunt es un pliegue laxo, de gran longitud de onda.

### Indicadores cinemáticos

El estudio de indicadores cinemáticos tomados sobre planos de estratificación (Fig. 2A) en un sector del corte del río Segre pone de manifiesto el movimiento de *flexural-slip* que han experimentado las distintas capas de materiales que forman los pliegues de St. Jordi, Carbonera y Sierra Boada. Tanto el s. de Sant Jordi como el de Sierra Boada presentan una inmersión entre 10 y 30° hacia el N (Fig. 2B). La posición subhorizontal de las estrías encontradas podría estar ligada a la emersión del frente cabalgante surpirenaico, a partir del cual los sinclinales de Sant Jordi y Sierra Boada podrían adquirir su actual inmersión hacia el N o con una componente de *strike-slip* si se consideran estas estructuras asociadas a rampas laterales con un desplazamiento hacia el S.

### Edad de la deformación

El movimiento del frente surpirenaico en este sector es posterior al depósito de los yesos de la formación Barbastro (Eoceno terminal-Oligoceno inferior) (Vergés, 1993) o al menos a parte de su depósito y anterior al límite Eoceno-Oligoceno según Vergés (1993). Sin embargo, la edad de los pliegues oblicuos del sistema St. Jordi-Sierra

Boada no está clara. Los materiales más modernos a los que afectan son los depósitos detríticos que se disponen discordantes y en *onlap* sobre ambos flancos del sinclinal de Rubió y que según Sáez *et al.* (1991) y Vergés (1993) son de edad Eoceno Superior. El análisis de los indicadores cinemáticos, las variaciones de espesor encontradas y el diferente sentido de inmersión de los pliegues sugiere que los sinclinales de St. Jordi y Sierra Boada y sus anticlinales asociados se podrían haber formado con anterioridad al resto de pliegues gracias a procesos de migración salina de las facies Keuper y que el emplazamiento posterior del frente surpirenaico en este sector los reactivaría y podría dar lugar al resto de pliegues (s. de Rubió y Foradada). Más datos, sin embargo, son necesarios para dar esta hipótesis como definitiva.

### Conclusiones

El estilo estructural del sistema St. Jordi-Sierra Boada se resume en una serie de cabalgamientos imbricados, vergentes hacia el E, que afectan a una serie mesozoica adelgazada y despegada a favor de importantes espesores de evaporitas y arcillas Triásicas (facies Keuper) que podrían haber favorecido procesos de tectónica salina. Más datos son necesarios para determinar la secuencia de emplazamiento de sus estructuras, el origen primario o secundario de su oblicuidad, su cinemática y si responden al mismo evento de deformación o a una superposición de estructuras generadas en diferentes etapas.

### Agradecimientos

Se agradecen las revisiones de A. Casas, A. Teixell, J. García-Senz y del Editor que han ayudado a mejorar este trabajo, y el apoyo económico del proyecto CGL2013-42670-P.

### Referencias

- Dinarès-Turell, J. (1994). *Geogaceta* 15, 105-108.
- ICC (2006). *Mapa geológico comarcal de Catalunya 1:50000 hoja nº 23 (Noguera)*.
- Martínez-Peña, M.B. y Pocoví, A. (1988). *Acta Geológica Hispánica* 23, 81-94.
- Muñoz, J.A. (1992). En: *Història Natural dels Països Catalans, Vol. 2, Geologia* (J. Guimerà, Ed.). Enciclopèdia Catalana, Barcelona, 47-77.
- Pocoví, A. (1978). *Estudio geológico de las Sierras Marginales Catalanas (Prepirineo de Lérida)*. Tesis Doctoral, Univ. de Barcelona, 218 p.
- Sáez, A., Vergés, J., Pueyo, J.J., Muñoz, J.A. y Busquets, P. (1991). En: *Libro-Guía Exc. 5*. (F. Colombo, Ed.). I Congreso del Grupo Español del Terciario, Vic, 85 p.
- Séguret, M. (1972). *Etude Tectonique des nappes et series decollées de la partie centrale du versant sud des Pyrénées. Caractère sédimentaire role de la compression et de la gravité*. These Fac. Montpellier. Publ. de l'Univ. Languedoc (USTELA), Sér. Geol. Struct. nº 2, 155 p.
- Vergés, J. (1993). *Estudi tectònic del vessant sud del Pirineu central i oriental. Evolució cinemàtica en 3D*. Tesis Doctoral, Univ. de Barcelona, 203 p.