

Trabajo de Fin de Grado

Grado en Geología

Curso: 2016-2017



Análisis geomorfológico y dinámico de la cuenca de Móra-Baix Ebre

Diego Pérez Mendoza

Directora: Gloria Desir Valén

Índice

Resumen/abstract	1
1. Introducción	2
2. Antecedentes	2
3. Objetivos	3
4. Área de estudio	3
4. 1. Situación geográfica	3
4.2. Situación geológica	4
5. Metodología	8
6. Resultados y discusión	9
6.1. Análisis geomorfológico	9
6.2. Análisis dinámico	20
7. Bibliografía	22
9. Anexos	

Abstract

The area of this Project is located where the Ebro meets the Catalan Pre-Coastal Range from this union develops a basin named as Móra-Baix Ebre basin. This basin is located in a specific tectonical frame based on an area limited by faults. These faults move the Mesozoic and Palaeozoic materials developing a block tectonic where a block is tilted towards NW-SE, after eroding partly the generated relief, these processes create an empty space which constitutes a new depression that will be filled with Tertiary and Quaternary sediments creating a sedimentary basin. Due to the action of these faults the basin starts to become independent of the Ebro Depression since the base of the Miocene (Aquitainian), result of this independent behaviour will be developed geomorphological structures with specific features that will differ from the same structures found in the Ebro Depression.

The Móra-Baix Ebre basin is crossed by the Ebro river longitudinally with a direction N-S. It enters near Ascó location crossing a reverse fault that involves Mesozoic materials and it leaves the basin in the South overpassing the Miravet Fault. The drainage of the basin is controlled by the Ebro river which is the main course but also there are several minor tributaries.

The study of the geomorphological units shows the presence of pediments, fluvial landforms, flat valleys, lacustrine units and alluvial fans. The fluvial terraces together with pediments are the most important landforms inner the basin. 5 terraces levels have been recognized in the Ebro and Siurana river whereas only are 3 terraces levels in the Sec river. These fluvial terraces often have more than 50 m of thickness. Pediments are the other main landform present in the basin. The areal distribution of these pediments is concentrated in 2 domains: the Rasquera Unit related with the action of a N-S normal fault and the Móra Unit associated with the Ebro fluvial terraces. Related to the apical zone of the pediments it can be recognized lacustrine sediments that belongs to an early endorreic stage of the basin.

From the results and the geomorphological analyse it can be pointed out an early stage of endorreic drainage where the basin was independent from Ebro Depression. During this stage basin infilled with lacustrine deposition and also the Siurana river mouth built up a fan delta. This fan delta can be recognized near Masroig village in the Northern part of the basin at about 180 m above the actual Ebro river. These terrace represents the maximum altitude of the sedimentary delivery. Afterwards a short but intense erosional stage took place during which all the terraces and pediments were built.

The existence of lacustrine units in the top of the pediments units and the development of high Siurana terraces (over 200 m of altitude) allow us to propose a theory based on the fact that the basin would have been endorreic at first stage for a short time period. During this stage the Móra-Baix Ebre basin would have been disconnected from the Ebro Depression.

1. Introducción

Este trabajo de fin de grado está planteado para realizar un análisis geomorfológico y evolutivo de la Cuenca de Móra-Baix Ebre. Se trata de una cuenca sedimentaria situada en el curso bajo del río Ebro la cual está separada de la Depresión del Ebro por el umbral constituido por la Sierra de Pandols i Cavalls. Su funcionamiento ha sido independiente con respecto al resto de la cuenca debido a las características tectónicas que controlan el funcionamiento de la cuenca. El marco estructural condiciona el trazado del río Ebro dentro de la misma pasando de una dirección regional NW-SE a una dirección N-S acorde con la dirección de la Cordillera Costero-Catalana.

El carácter independiente de esta cuenca se manifiesta tanto en los aspectos estructurales, de componente catalánide como en la evolución y el relleno de la cuenca durante el Cuaternario. Un ejemplo son los rellenos de ámbito fluvial que se reconocen a lo largo de toda la cuenca y que pertenecen en su mayoría al río Ebro. Dentro de la cuenca se reconocen 5 niveles de terraza al igual que en la subcuenca de Tortosa (Arasa, 1994) mientras que solo se han descrito 3 niveles de terraza aguas arriba (IGCG, 2017). Estas diferencias se dan también a nivel de depósito oscilando las potencias de las terrazas fluviales entre 10-20 m al N, en la zona de Ascó, y los 30-40 m para la zona de Tortosa. Debido a estas singularidades resulta muy interesante llevar a cabo un estudio de detalle de la zona para describirla así como completar y contrarrestar información previa existente en la zona en la cual solo existen trabajos acerca de loess (Balasch et al., 2014) y la escasa información albergada en la guía del MAGNA (IGME, 1977) donde solo se describen las unidades de forma superficial sin explicar su formación.

2. Antecedentes

Tradicionalmente se ha señalado que la salida del Ebro con la apertura de la Depresión del Ebro al SE se produce al final del Terciario cuando estamos en una etapa distensiva y el Ebro se pone en contacto con el mar produciéndose un rápido vaciado erosivo, en este contexto tradicionalmente se ha interpretado que la Depresión del Ebro se ha comportado como una única cuenca limitada por las Catalánides, sin embargo la cuenca de Móra-Baix Ebre pertenece estructuralmente al dominio de las Catalánides, evidenciando un origen diferente a la Depresión del Ebro sin embargo desde un punto de vista de la dinámica fluvial la evolución del Ebro se ha asociado a la Depresión del Ebro. Arasa en 2004 en su trabajo titulado *Introducció a la geologia de les Terres de L'Ebre* explica el comportamiento de la Cubeta de Móra D'Ebre y de su evolución partiendo desde su origen cuando presentaba un comportamiento conjunto con la depresión del Ebro. Este autor sitúa la separación de ambas cuencas en el Aquitaniense. El hecho de la independización de la cuenca nos viene controlado por la tectónica de la zona (tectónica en bloques).

El relleno de la cuenca de Móra-Baix Ebre ha sido estudiado por diferentes autores y bajo diferentes puntos de vista. Las primeras referencias acerca de los materiales de la cuenca nos figuran en la memoria que acompaña el mapa geológico de la serie MAGNA del IGME. Los primeros trabajos son los de Teixell (1985) y Arasa (2004) que realizan un análisis sedimentológico del relleno de la cuenca. Por otro lado Balasch et al. (2014) en sus trabajos *Loess and soils in the Eastern Ebro Basin* y *Loess peridesérticos en la Cubeta de Móra D'Ebre (Depresión Prelitoral Catalana, NE España)* estudian los depósitos de origen eólico.

Es marcada la carencia de estudios de la composición y evolución de la cuenca de Móra-Baix Ebre y es por ello que se ha llevado a cabo este Trabajo de Fin de Grado.

3. Objetivos

El curso bajo del río Ebro presenta una evolución ligada a la evolución de la Depresión del Ebro y la Cadena Costero Catalana. En su curso bajo, el valle fluvial del Ebro forma parte de la Fosa del bajo Ebro que está integrada en el conjunto de fosas neogenas del Mediterráneo Occidental. Estas fosas desarrolladas durante la etapa postorogénica o distensiva están colmatadas principalmente por materiales mio-pliocenos y cuaternarios. En el caso de la Fosa del Bajo Ebro los materiales cuaternarios representan la casi totalidad del relleno y están ligados a dos ámbitos bien diferenciados; niveles de terraza y niveles aluviales.

El objetivo que se plantea es la realización de una cartografía geomorfológica basada en la fotografía aérea y la toma de datos de campo para conocer cual es la evolución de este sistema fluvial y del piedemonte en este área en relación con la dinámica evolutiva del margen de cuenca.

4. Área de estudio

4.1. Contexto geográfico

La zona se encuentra en el extremo más oriental de la cuenca del Ebro y se encuentra limitada por la sierra de Pandols y Cavalls y la Cordillera Costero Catalana, es atravesada longitudinalmente por el río Ebro en dirección N-S y presenta otros ríos de menor entidad como el río Siurana, el río Marçà o el riu Sec. Se encuentran incluidos total o parcialmente en el área de estudio los términos municipales de Mora de Ebro, Mora La Nova, Miravet, Serra d'Almós, Benissanet, Ginestar, Rasquera, Garcia, El Masroig, El Molar, Els Guiamets, Tivissa y El Perelló. Todos los citados municipios pertenecen a la provincia de Tarragona. Se trata de un área de estudio de 215 Km².

La zona se puede dividir en 2 unidades diferentes, por un lado tenemos la cuenca de Móra-Baix Ebre y por otro lado tenemos los relieves generados por las sierras circundantes pertenecientes a la Cordillera Costero Catalana y a la sierra de Cavalls y Pandols (Fig. 1). En concreto la cuenca se encuentra orlada al NW por la Sierra de Cavalls, por la Sierra de la Vall de la Torre y por la Sierra del Tormo, al NE limita con la Sierra d'en Jover y por la Sierra de Llaberia, al SE está bordeada por la Sierra de Montalt, Sierra de Tivissa, Sierra de la Creu,

Muntanyes dels Burgans y por la Sierra de la Barra, y por último al S tenemos la Sierra de Boix, la Sierra del Cardó, la Sierra de Gaviots y la Sierra dels Aligars.

En lo referente a las altitudes oscilan en la parte más baja de la cuenca (el río Ebro a su paso por Miravet) con 17 m y la parte más alta de los relieves circundantes (La Creu de los Santos) con 942 m.

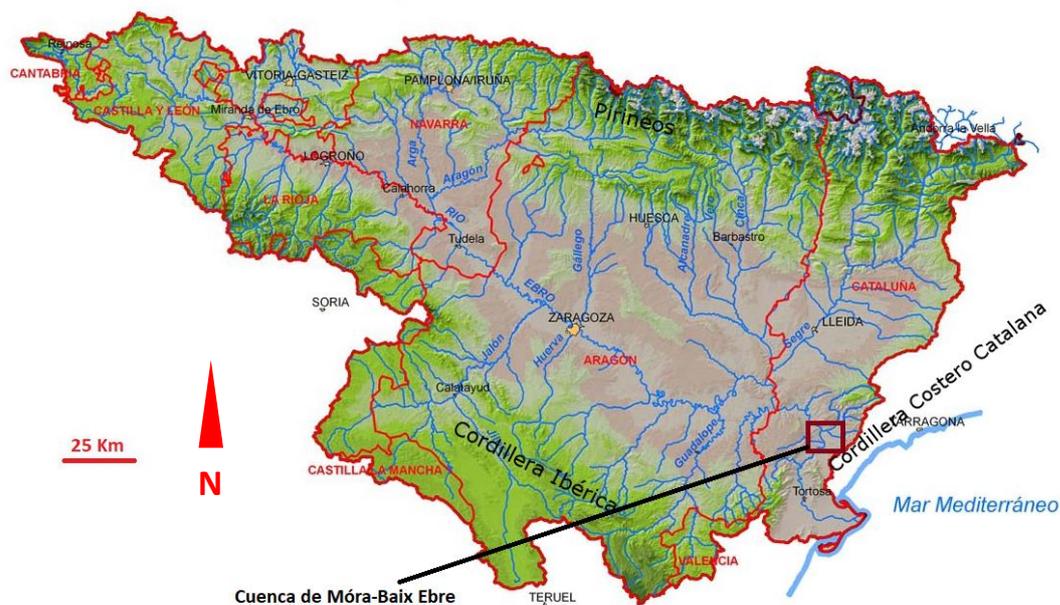


Fig. 1: Situación de la cuenca de Móra-Baix Ebre (<http://abapeisa.com/aprobado-el-plan-hidrologico-de-la-demarcacion-hidrografica-del-ebro/>).

4.2. Contexto geológico

El curso bajo del río Ebro presenta una evolución ligada a la evolución de la Depresión del Ebro y la Cadena Costero Catalana. En su curso bajo, el valle fluvial del Ebro discurre por la Fosa del Baix- Ebre que está integrada en el conjunto de fosas neógenas del Mediterráneo Occidental. Estas fosas desarrolladas durante la etapa postorogénica o distensiva están colmatadas principalmente por materiales mio-pliocenos y cuaternarios. En el caso de la Fosa del Bajo Ebro los materiales cuaternarios representan la casi totalidad del relleno y están ligados a dos ámbitos bien diferenciados; niveles de terraza y niveles aluviales.

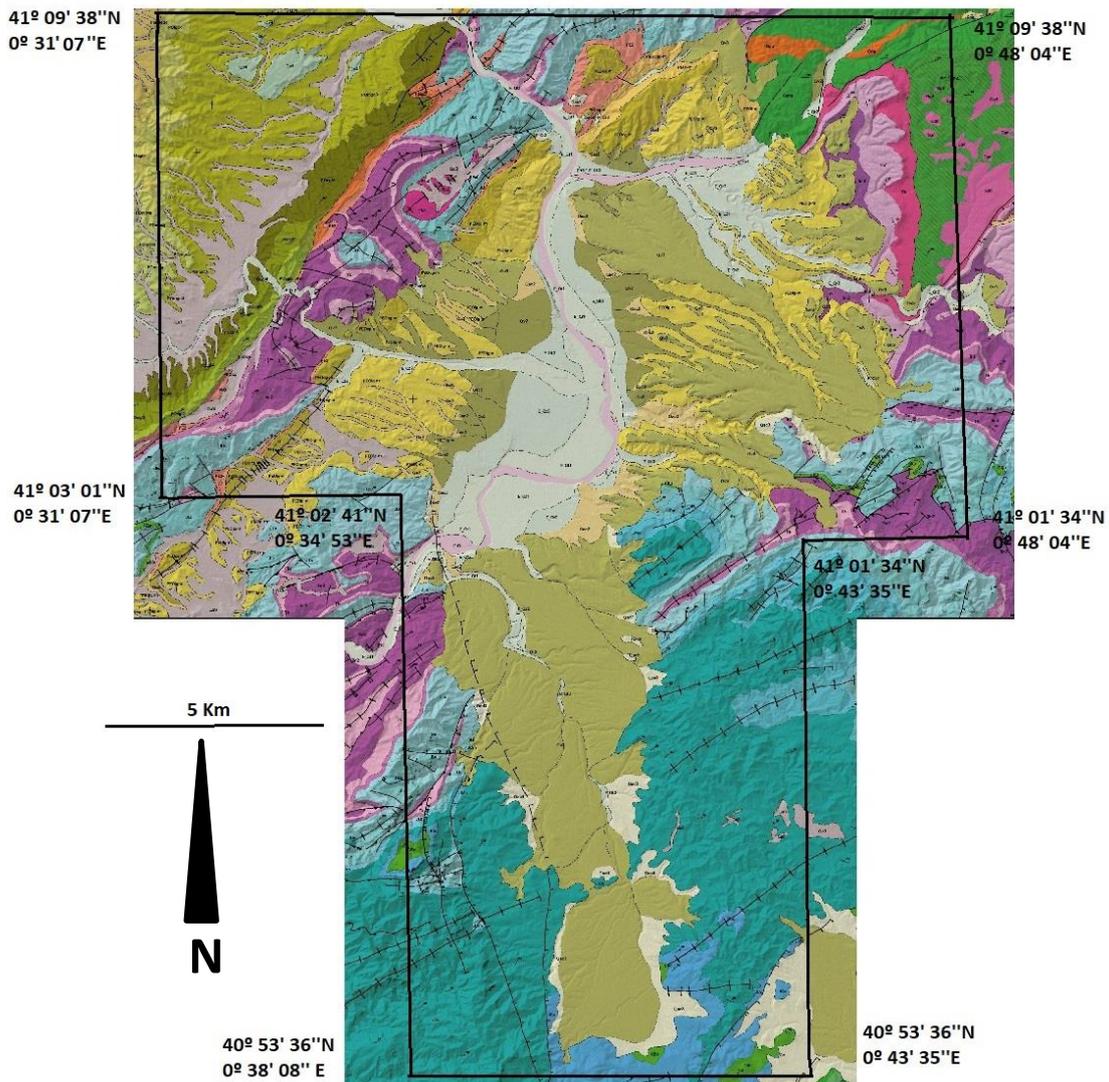


Fig. 2: Localización de la cuenca de Móra Baix-Ebre con respecto al contexto geológico general.

En la Orogenia Alpina el zócalo paleozoico se comporta como un elemento rígido que implica el desarrollo una tectónica en bloques mediante las fallas hercínicas reactivadas o mediante nuevas fallas (Fig. 3) que provocarán el plegamiento y fallamiento de los materiales mesozoicos generando relieves que posteriormente serán erosionados, dicho plegamiento tiene lugar con dirección NO-SE ya que es la dirección impuesta por el comportamiento rígido de las unidades paleozoicas.

Al final del Terciario asociada a las últimas etapas de levantamiento de la Cordillera Costero-Catalana se formó un graben como consecuencia de una etapa descompresiva que provocó una distensión asociada a un gran bloque basculado en dirección NO-SE y posteriormente hundido por fallas. Es a partir de la base del Mioceno cuando debido a las peculiaridades tectónicas ya señaladas la cuenca se independiza del resto de la Depresión del Ebro

evolucionando a partir de entonces de forma distinta y generando en su interior unidades con peculiaridades geomorfológicas como se describirá más tarde.

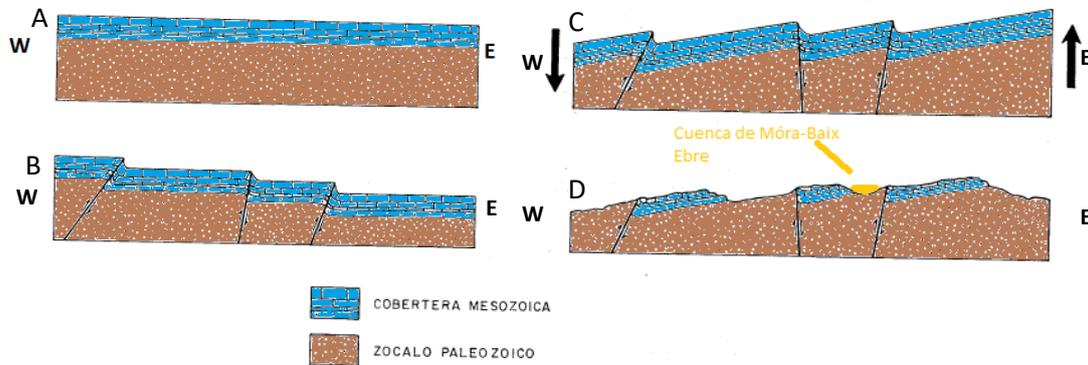


Fig. 3: Esquema estructural, en el que se muestra el funcionamiento tectónico local que dio lugar a la formación de la cuenca de Móra-Baix Ebre, partiendo desde la reactivación de las fallas hercínicas que provocan el plegamiento de las unidades mesozoicas así como la posterior erosión y formación del espacio disponible de la cuenca en el que se alojarán los sedimentos (IGME, 1977).

Desde un punto de vista geológico los materiales que constituyen el relleno de la cuenca son básicamente paleógenos, neógenos y cuaternarios quedando los materiales más antiguos circunscritos a la cuenca. Se trata fundamentalmente de materiales del Mesozoico muy tectónizados pertenecientes al Triásico y al Jurásico Inferior. Hacia el N de la zona de estudio cabe destacar el afloramiento del sustrato Paleozoico, de Carbonífero que aparece asociado a o plutonismo de intrusiones de granodioritas y diques de pórfidos graníticos. Todos estos materiales nos constituyen el llamado zócalo hercínico que en la Orogenia Alpina se comporta como un nivel rígido (Fig.3).

Los materiales mesozoicos aflorantes están constituidos básicamente por el Triásico, Jurásico y algunas manchas de Cretácico. El Triásico aflora en Facies Buntsandstein, Facies Muschelkalk, formada por dolomías, y Facies Keuper. Por otro lado el Jurásico, que representa la mayor parte del sustrato mesozoico aflorante, presenta una serie muy bien desarrollada de materiales carbonatados tanto calizas como dolomías, son materiales muy ricos en fauna marina. Los materiales mesozoicos y paleógenos del borde de la cuenca del Ebro registran la evolución tectónica de los Catalánides durante el período compresivo y permiten poner en evidencia los movimientos de las fracturas longitudinales del borde, así como los de las fallas transversales (Anadón et al., 1979).

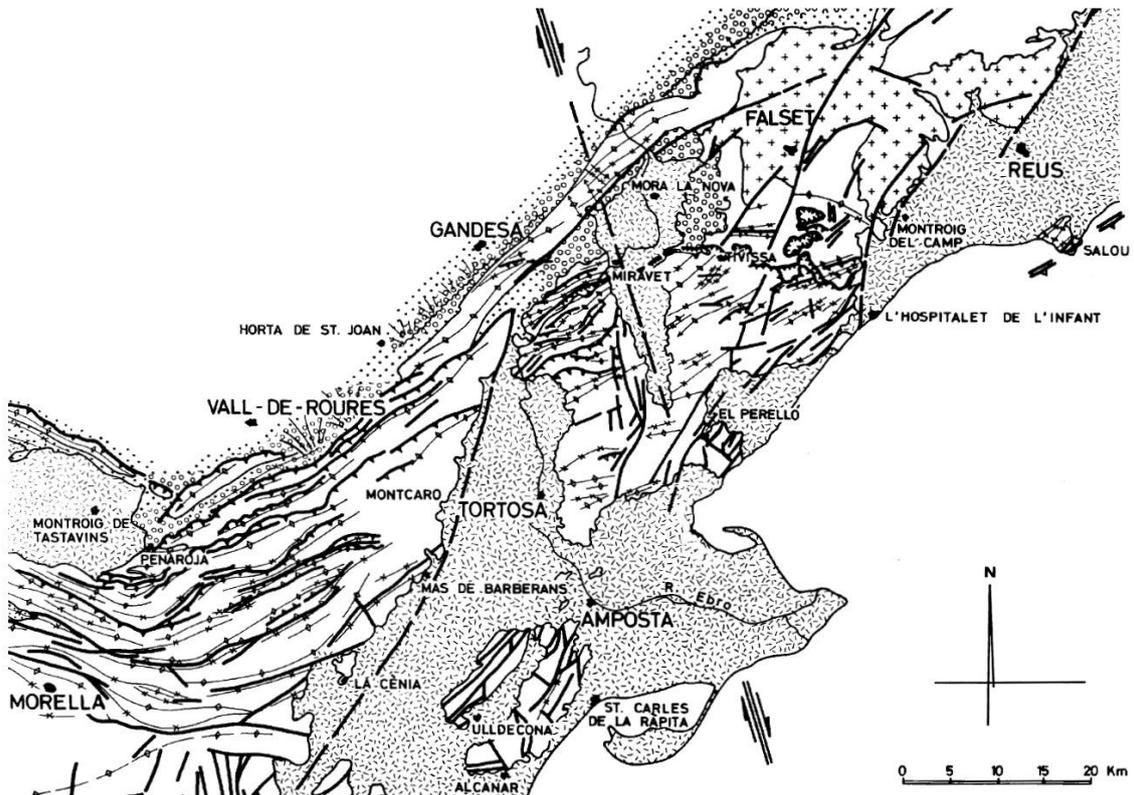


Fig. 4 Esquema estructural del sector sur de las Catalánides modificado de Anadón et al., 1979)

El relleno de la cuenca de Móra-Baix Ebre está fundamentalmente compuesto por materiales terciarios y cuaternarios. Los materiales terciarios afloran en los márgenes de la cuenca adosados a las fallas y cabalgamientos que la delimitan (Fig. 4). Constituyen el piedemonte resultante del dismantelamiento durante el levantamiento de las cadenas montañosas que lo orlan y se articulan en un sistema de abanicos aluviales de elevada potencia consecuencia de la erosión que se produce durante el Terciario. Los materiales paleógenos están muy pobremente representados y solo se observan afloramientos puntuales adosados al flanco de la Sierra de Cavalls y Pandols. Sin embargo, materiales neógenos presentan una gran extensión y son los más importantes junto con los cuaternarios que conforman el relleno de la cuenca y cuya sedimentación se inicia con el comienzo de la etapa distensiva finimiocena (Anadón et al 1979). Los materiales del relleno de la cuenca se disponen con una configuración en abanicos hacia el centro de la cuenca con rápidos cambios laterales de facies debido a la elevada tasa de sedimentación, llegando en algunas ocasiones a coalescer lateralmente formando pequeños represamientos que son ocupados por lagos efímeros que sí han preservado su depósito en el registro fósil. Una vez se produce la salida del río Ebro de la Depresión y alcanza el mar se produce un rápido vaciado erosivo de la Cuenca que se evidencia en la elevada potencia de los depósitos cuaternarios presentes, especialmente los glaciares y las terrazas.

5. Metodología

La metodología que se ha seguido en este trabajo se puede englobar en dos grandes epígrafes, trabajo de campo por un lado y el trabajo llevado en gabinete.

5.1. Trabajo de campo

El trabajo de campo ha consistido en realizar un inventario de unidades sobre el terreno describiendo sus características litológicas recorriendo toda la zona de estudio, observando los distintos tipos de materiales geológicos tanto terciarios como cuaternarios (centrándonos en los últimos por ser los que aportan mayor información geomorfológica) y su posición tanto estratigráfica como topográfica así como los contactos y cambios laterales que se observan en el terreno. Todo lo anteriormente citado nos permite obtener una información con referencias espaciales que nos permitirá su posterior tratamiento.

En la realización del trabajo de campo se han utilizado diversos materiales como martillo de geólogo, lupa, ácido clorhídrico diluido (HCl al 10%), cartografías geológicas previas (hojas 471 y 497 del mapa geológico del IGME a escala 1:50.000), mapa topográfico nacional del IGN a escala 1:25.000 (hojas 471-I, 471-II, 471-IV, 497-I, 497-II), GPS (con altímetro), cámara de fotos y libreta.

Para comprobar la cartografía geomorfológica de detalle realizada así como de las hipótesis planteadas se necesitaron de varias jornadas de campo tanto al inicio del trabajo como en las etapas finales de la elaboración de la memoria..

5.2. Trabajo de gabinete

Inicialmente, y con el fin de recopilar la máxima información del área de estudio se llevó a cabo una búsqueda de trabajos previos de la geología regional que afecta a la cuenca y de la interacción entre la cuenca y las unidades adyacentes. Para obtener esa información se ha recurrido a libros, artículos, webs, bases de datos,... Así como revisar las cartografías preexistentes.

En primer lugar, y mediante la fotografía aérea del vuelo general de España a escala 1:18.000 del año 1986 del Instituto Geográfico Nacional, se llevó a cabo una primera visualización del área de estudio de la geomorfología de la zona de estudio para posteriormente contrastar esta información con la presente en las cartografías del IGME y el IGCG.

Después de realizar la primera salida de campo se comenzó a crear la cartografía geomorfológica con la ayuda de técnicas de fotointerpretación utilizando ortofotos obtenidas de la central de descargas de la web del Instituto Geográfico Nacional (<http://centrodedescargas.cnig.es/CentroDescargas/index.jsp>), con una resolución de alta calidad. Las fotos utilizadas son del 2015 y a escala 1:50000. Con dichas ortofotos se procede mediante 2 técnicas, fotointerpretación mediante el uso de estereoscopios plasmando dicha información en mapas topográficos Instituto Geográfico Nacional (IGN) a escala 1:50000 del 2015, concretamente las hojas 471-I, 471-II, 471.IV. 497-I y 497-II de forma que obtenemos

una primera cartografía geomorfológica que posteriormente pasaremos a soporte digital mediante ArcGis 10.1. un software que nos permite realizar la cartografía así como compararla mediante capas con cartografías preexistentes como la cartográfica geológica consultamos el IGME a escala 1:50000 del año 1977) y el IGC a escala 1:25000. Así como el tratamiento digital de la imagen mediante programas de diseño fotográfico concretamente Adobe Illustrator y Adobe Photoshop.

6. Resultados y discusión

6.1. Análisis geomorfológico

El área ha sido estudiada desde un punto de vista geomorfológico mediante técnicas de fotointerpretación y ArcGIS y gracias a ellos se han identificado una serie de unidades relacionadas con la dinámica externa, fluvial y erosiva.

El modelado presente en el área de estudio está principalmente condicionada por la estructura de la cuenca y la tectónica regional (Anexo mapa). Al tratarse de un graben, tenemos una clara diferenciación del modelado según se trate de los flancos de la cuenca, en los que se concentra básicamente el modelado estructural, y el interior de la cuenca donde el modelado acumulativo está controlado por la dinámica fluvial, principalmente del río Ebro, y la dinámica erosiva, consecuencia del desmantelamiento de los relieves circundantes.

A continuación se definen y describen las distintas unidades geomorfológicas que integran la cuenca de Móra-Baix Ebre.

6.1.1. Modelado estructural

Nos muestra el modelado formado sobre el encajante debido a la acción de los procesos tectónicos que provocaron las fallas y por ende un modelado asociado a la acción de las mismas.

-Cuestas: son muy frecuentes, se deben a una erosión que coincide con la dirección de los estratos en la parte conocida como dorso de cuesta (41° 05' 48''N; 0° 50' 17''E).

-Chevrons: morfologías asociadas a la incisión de barrancos sobre laderas con estratos buzando en la misma dirección y buzamiento (41° 03' 38''N; 0° 31' 40''E).

-Plataformas estructurales: son superficies planas desarrolladas sobre materiales más resistentes a la erosión. Por ejemplo tenemos desarrolladas sobre carbonatos jurásicos (41° 06' 31''; 0° 52' 01'')-

-Semigraben: se forman debido a la acción de sistemas de fallas un ejemplo claro de este fenómeno en la cuenca es el valle de la Riera del Compte, en el que debido a la acción de una

falla normal con dirección N-S tenemos un hundimiento por el W en las unidades jurásicas facilitando así la sedimentación en el espacio creado (rellenado por depósitos de glaciares, lacustres, y fluviales). También aparecen otros de menor entidad sobre la Sierra de Cavalls y Pandols.

6.1.2. Modelado fluvial

Está asociado a curso de escorrentía superficial cuyo comportamiento va controlado por el nivel de base y sus variaciones, el colector principal de la cuenca es el río Ebro por lo que sus variaciones son transmitidas a sus tributarios y por ende estos varían también

6.1.2.1 RÍO EBRO

El río Ebro atraviesa la cuenca longitudinalmente con una dirección N-S y es el colector principal de la misma por lo que supone el nivel de base en la cuenca.

-Canal activo: situada en la cuenca de Móra-Baix Ebre a cota 11 msnm en su parte más baja y a 20 msnm en su parte más alta, representa el área ocupada por el flujo de agua tanto en condiciones normales o de estiaje así como el espacio ocupado por las crecidas ordinarias, presenta barras de gravas y arenas.

-Barras arenosas y de gravas: se forman en el canal activo y consisten en el depósito de materiales sobre el cauce para formando elevaciones que presentan gradaciones encontrando a techo cantos de mayor tamaño que solo se desplazan en episodios de avenida. Dado que se trata de un curso de tipo meandriforme tenemos point-bars en la orilla interna (deposicional) de los meandros asociadas a la dinámica de los mismos



Fig. 5: Vista del canal activo del Ebro en el que se observan barras fluviales.

-Llanura de inundación (T1): se trata de una superficie compuesta por materiales arenosos, limosos, arcillosos muy ricos en materia orgánica así como por gravas que se encuentra muy poco diferencia topográfica con el canal activo (en este caso 1-3 m). Teniendo los citados materiales una concentración alta de materia orgánica así como una intensa bioturbación. Esta zona se ve afectada por las crecidas extraordinarias.

-Oxbow lakes: son lagos formados en cauces abandonados del río que en los casos de esta cuenca el mecanismo es la divagación (41° 05' 54"; 0° 38' 24").



Fig. 6: Se observa la llanura de inundación en la margen derecha.

-Terrazas: están formadas por gravas que se encuentran cementadas y son polimícticas (cantos carbonatados, cuarcíticos, gneissíticos, granodioríticos y de pórfidos graníticos), heterométricas y muy bien redondeadas. A techo presentan encostramientos de carbonatos de origen edafogénico como consecuencia del lavado del CaCO_3 llegando a desarrollar localmente caliches.

En la zona encontramos 5 niveles de terraza asociados al río Ebro (Tabla 1), el nivel T1 aparece descrito en el apartado Llanura de inundación, respecto a los niveles T-2 y T-3 cabe señalar que están muy bien representados a lo largo de toda la cuenca mientras que los niveles T-4 y T-5 nos aparecen representados localmente en el entorno de Castellet de Banyoles.

Nivel de terraza	Cotas (m sobre el cauce)
Llanura de inundación (T1)	1-3
T2	7-8
T3	16-18
T4	61
T5	109

Tabla 1: Localización topográfica de las terrazas del Ebro en la cuenca de Móra-Baix Ebre.

6.1.2.2. RÍO SIURANA

El río Siurana es un afluente del Ebro que fluye por la cuenca en dirección E-W y que se encuentra en el límite N de la zona de estudio

-Canal activo y llanura de inundación: se sitúa entre los 20 y los 57 msnm. En sus partes más altas se encuentra muy encajado tanto en los materiales mesozoicos como dentro de los depósitos de la propia cuenca. Dado que se trata de un cauce anastomosado el canal activo y la llanura de inundación están juntos y presentan gran cantidad de barras.

-Terrazas del Siurana: se reconocen en el registro geológico hasta 5 niveles de terraza pertenecientes a este río que presentan gravas sin cementar polimícticas (pizarras, pórfidos graníticos, granodioritas, areniscas y carbonatos), heterométricas aunque con tamaños grandes y bien redondeadas., siendo la T-1 la terraza donde tenemos el cauce y la llanura de inundación, mientras que la T-2 nos aparece representada siguiendo el eje del río, la T-3 también es paralela al eje del río aunque solo aparece en la parte final del curso del río con respecto a las T-4 y T-5 nos aparecen en la cabecera del río a cotas topográficas altas en el borde E de la cuenca (ver Anexos), ya en contacto con el zócalo paleozoico en zonas asociadas al plutonismo.



Fig. 7: Corte de los materiales de la terraza 4 del Siurana.

Nivel de terraza	Altura (sobre el cauce)
T1	0
T2	2-3
T3	15
T4	150
T5	171

Tabla 2: Terrazas del Siurana y sus cotas.

6.1.2.3. RIU SEC

Es un río de cauce meandriforme afluente del río Ebro que fluye por la cuenca de W-E. En su cabecera corta una importante serie Terciaria plegada y rica en carbonatos por lo que sus gravas son estrictamente monomíticas.

-Canal activo: formado por gravas, arenas, limos y arcillas con gran predominio de las gravas con respecto a los demás detríticos, se trata de gravas heterométricas y monomíticas (solo carbonatos). En la cuenca se sitúa entre los 126 msnm y los 19 msnm.

-Terrazas: tenemos 3 niveles de terraza que presentan un desarrollo importantísimo con potencias de 40 m formadas por cantos de naturaleza caliza (monomíticos), heterométricos y que en algunos niveles son de tamaños muy pequeños alrededor de los 2-3 cm de diámetro. Cabe destacar que hacia la parte media-baja del Riu Sec encontramos sus gravas dispuestas en contacto discordante sobre las gravas del Ebro (según puede observar en las cortas mineras que explotan los materiales del Riu Sec como áridos).



Fig. 8: Corta minera (41° 04' 49"N; 0° 36' 14"E) en la que se observa la potencia de las gravas de las T-2 del Riu Sec.

Nivel de terraza	Cota (en m sobre el cauce)
T1	3
T2	8
T3	16

Tabla 3: Terrazas del riu Sec, cabe destacar que se trata de valores medios de diferencia de cotas entre las terrazas puesto que hay importantes variaciones locales.



Fig. 9: Contacto entre los materiales del Riu Sec (colores claros son gravas no cementadas del riu Sec) y los materiales cementados de las terrazas del Ebro (colores más oscuros).

6.1.2.4. Otras entidades hidrológicas de orden inferior

-Valles de fondo plano o vales (41° 03' 44"N; 0° 35' 41"E): presentan un cauce con un fondo plano formado por la acumulación de sedimentos detríticos finos, se trata de barrancos de pequeña entidad. Los hay en la zona occidental de la cuenca en relación con glaciares así como el valle de fondo plano de gran tamaño que encontramos al S del área de estudio, valle por el que posteriormente incidió la Riera del Compte (40° 59' 23"N; 0° 38' 48"E).

-Barrancos (gullies): son barrancos de incisión lineal que se distribuyen por toda la zona de estudio y con frecuencia presentan encajamientos muy importantes en su cabecera llegando a desarrollar cañones con importantes escarpes que pueden superar los 65 m en algunos puntos en los que localmente se desarrollan fenómenos de ladera. Destacando también el desarrollo de cauces meandriformes con importantes procesos de avulsión. En algunos de los barrancos se desarrollan terrazas llegando a alcanzar los 3 niveles de terraza para el caso de la Riera de l'Ull de l'Asmà (afluente del río Siurana).

6.1.3. UNIDADES LACUSTRES

Se encuentran bordeando la cuenca a cotas altas estableciéndose una cota media de alrededor de 230 msnm, situados justo por encima de los ápices de los glaciares asociados o por la falla de Miravet, desde un punto de vista topográfico son superficies planas presentan potencias de entre 3 y 15 m y están formadas por:

-Niveles masivos de arcillas y limos (Fig. 10): se observan materiales finos (arcillo-limosos) y materiales arenosos (ver tabla 4), que se disponen formando agregados en forma de pequeñas esferas. Presentan contenidos en carbonato cálcico (CaCO_3) de entre 32% y 46% así como contenidos en materia orgánica de entre 0'14% y 1'84% (Balasch et al., 2014).

-Nivel que presenta una importante bioturbación (Fig. 11): se observa una bioturbación de origen animal, presentándose una red densa de pequeñas galerías, las cuales se encuentran orladas por una matriz de arenas, arcillas y limos.

Del hecho de tener esa importante bioturbación se deduce que ha existido una ruptura sedimentaria en el que ha dado tiempo a que los organismos proliferen.

Granulometría (% en peso):

Litología	Tamaño de grano	% en peso
Arenas medias a gruesas	250-2000 μm	<1
Arenas finas a gruesas	100-250 μm	3
Arenas muy finas	50-100 μm	45
Limos gruesos	20-50 μm	25
Limos finos	2-20 μm	15
Arcillas	<2 μm	11

Tabla 4: Granulometría de los materiales de las unidades lacustres (Balash et al., 2014).

Las pruebas de datación radiométrica realizadas a partir de las concentraciones de U^{238} , Th^{232} y K^{40} sobre las distintas unidades han dado como resultado edades de entre 23 ka y 115 ± 7 ka (Balasch et al., 2014).



Fig. 10: Aspecto de la unidad masiva dentro las unidades lacustres.



Fig. 11: Aspecto de la unidad bioturbada dentro de las unidades lacustres

6.1.4. ABANICOS ALUVIALES

-Abanico en la desembocadura de la Riera del Compte (41° 02' 04''N; 0° 35' 36''E): se trata de un abanico de pequeña extensión que se produce en la desembocadura de la Riera del Compte en el río Ebro lo que produce que se desvíe ligeramente el curso de este último. Está compuesto por gravas heterométricas, muy redondeadas y de composición monomíctica (carbonatos) transportados por la Riera del Compte.

-Abanico tributario de la Riera del Compte (40° 59' 11''N; 0° 37' 38''E): se trata de un abanico de gran extensión formado por un barranco que cuenta con una importante cuenca de drenaje encajada en los materiales jurásicos que al llegar al valle, el cual en esta zona se encuentra bordeada por una falla por lo que el límite de la zona encajada que al pasar dicho límite se desconfinan formando un abanico aluvial con un área de 6'37 Km². Este abanico presenta gravas heterométricas, monomícticas y cementadas por cementos carbonatados, en las partes distales del abanicos dichos cantos están muy redondeados. También encontramos zonas con materiales detríticos finos que estarán asociados con flash floods.

-Abanico aluvial del riu Sec (41° 04' 37"N; 0° 37' 53"E): se trata de un antiguo abanico de una extensión muy importante (7'22 Km²), presenta gravas heterométricas, redondeadas, monomícticas (carbonatos). Se superpone directamente sobre las gravas del Ebro, en el mapa (ver Anexos) ha sido representado como el nivel 3 de terraza del riu Sec y en su centro el riu Sec ha incidido erosionándolo y formando otros 2 niveles de terraza (T-1 y T-2). La morfología de abanico solo se aprecia en foto aérea. Este abanico aluvial constituyó un fan delta.

6.1.5. MODELADO POLIGÉNICO

El principal modelado de este tipo presente en la zona de estudio son los glacis. Asociado a fenómenos de escorrentía superficial no canalizada y la zona de estudio es muy importante.

Se trata de glacis mixtos, presentando un carácter erosivo en la zona apical y un carácter acumulativo en la parte más distal.

Destaca la elevada potencia que presentan estas unidades en la cuenca de Móra-Baix Ebre. Ejemplo de esto es el glacis de Rasquera (40° 58' 29"; 0° 39' 03"), el cual además de tener una elevada potencia también tiene una elevada extensión así como una diferencia de cotas de 170 m.

Se pueden diferenciar 2 grupos de glacis en la zona, por un lado tenemos los pertenecientes a la Unidad de Rasquera: presenta un control tectónico asociado a una falla N-S con una potencia elevada superior a 50 m. El desarrollo de este grupo de glacis cierra el drenaje generando unidades lacustres (40° 54' 25"N; 0° 08' 14"E), por otro lado tenemos la Unidad de Mora representada por el resto de los glacis de la cuenca partiendo desde los relieves circundantes (Cordillera Costera-Catalana al E y sierras de Pandols y Cavalls al W) y relacionada con las terrazas del Ebro.

En lo referente a la litología de los glacis cabe destacar que están formados por cantos mal redondeados y muy poco esféricos, en lo referente a la composición cabe destacar que depende de la composición de las unidades geológicas del entorno por lo que pueden ser desde monomícticos (Unidad de Rasquera) hasta polimícticos (en algunas zonas de las Unidad de Mora).



Fig. 12: Se observa el glacis sobre el glacis de la zona de Rasquera.

Nivel de glacis	Cota (msnm)
1	38-40
2	61-67

Tabla 4: Niveles de glacis y sus respectivas cotas.

6.2. Historia evolutiva

La cuenca de Móra-Baix presenta un comportamiento independiente de la Depresión del Ebro a partir del Aquitaniense debido a la actuación de mecanismos tectónicos, momento a partir del cual la cuenca empieza a desarrollar estructuras geomorfológicas diferentes a las encontradas fuera de ella. La característica más reseñable la existencia de unos depósitos neógenos adosados a los flancos de la cuenca que se han modelado a modo de antiguos pedimentos o rañas y que coinciden con las primeros estadios de sedimentación sinorogénica del relleno de la cuenca.

Debido a la crisis salina del Messiniense se produjo una variación del nivel de base que indujo a los ríos a llevar a cabo una erosión retrogradante para acomodarse al nuevo nivel de base con el Mar Mediterráneo ya desecado, posteriormente con la apertura del Estrecho de Gibraltar se

produjo la inundación de nuevo de toda la cuenca del Mar Mediterráneo de forma muy rápida por lo que los ríos debieron acomodarse nuevamente a otro nivel de base produciéndose así una importante sedimentación progradante generando importantes depósitos en nuestra cuenca, la cual por encontrarse en el tramo final del río sería la que tardaría más en alcanzar el perfil de equilibrio del río. Este relleno asociado al cambio del nivel de base produciría un llenado rápido de la cuenca con materiales terciarios acumulándose series con importes potencias. Ligada a esta fase tenemos la existencia de terrazas altas en la cabecera del río Siurana (niveles T-4 y T-5 del Siurana) que nos aparecen a 150 m sobre el cauce para la T-4 del Siurana y a 171 m sobre el cauce para la T-5. Se ha interpretado que estas terrazas se sitúan en la zona donde el levantamiento tectónico era mayor, hecho relacionado con su proximidad a afloramientos del zócalo hercínico que presentan plutonismo y por tanto sufren descompresión que se traduce en una fase de levantamiento al final del ciclo de levantamiento de la Cordillera Costero-Catalana. Se trata de unas terrazas muy antiguas modeladas en rampa semejantes a las descritas por Sancho et al. (2016) en el río Alcanadre.

En el área de estudio las terrazas fluviales presentan un gran desarrollo tanto las ligadas con el río Ebro como con sus tributarios llegando a existir en el Ebro 5 niveles de terraza. La potencia de los depósitos de estas terrazas puede alcanzar espesores >50 m. Un ejemplo destacable es la terraza del río Sec (río de baja entidad pero con terrazas de 40 m de potencia) de la existencia de terrazas con tanta potencia podemos deducir que se trata de depósitos sinsedimentarios con la evolución de la cuenca y el rápido vaciado erosivo que ha sufrido a lo largo del cuaternario. El rápido encajamiento junto con el desarrollo de un gran abanico en la zona de desembocadura del Río Sec, nos indica unas tasas de agradación muy elevadas en los primeros estadios que posteriormente han sufrido una marcada deceleración tal y como se desprende de los 2 niveles o estadios de encajamiento del mismo. Otra evidencia de esta etapa inicial de intensa agradación se observa en la zona de la Riera del Compte, la denominada en este trabajo unidad de Rasquera, donde la potencia media de los depósitos de glaciares es superior a los 50 m y quedan colgados por encima de la actual llanura de inundación del Ebro. A esta misma época pertenecen los niveles de glaciares más altos, que arrancan de la cota de 200 m y que parten de los flancos E y W de la cuenca.

Por otro lado del análisis de los sedimentos de las unidades lacustres de la cuenca se desprende que la cuenca evolucionó de manera independiente de la Depresión del Ebro como una cuenca cerrada durante los primeros estadios de la etapa distensiva. Durante esta etapa se articula una gran cuenca endorreica que va siendo colmatada gradualmente por los materiales provenientes de la erosión de las cadenas montañosas circundantes, formando un gran sistema de abanicos aluviales que progredan y mueven lateralmente muy rápidamente dando lugar a un piedemonte y que pueden llegar a confinar el drenaje dando lugar a lagos temporales que pudieron llegar a alcanzar una extensión bastante grande llegando a actuar como un nivel de base local para el sistema de drenaje. Prueba de ello es la existencia de un nivel de terraza muy alto, T5 del Siurana que está configurado como un abanico aluvial y que se ha interpretado como fan delta ligado con la desembocadura del río Siurana.

Realizando un análisis de las unidades cuaternarias mediante la cartografía elaborada en este trabajo (ver Anexos) se observa que las unidades cuaternarias se disponen de forma concéntrica hacia el centro de la cuenca indicando así el depocentro de la cuenca pero en dichas unidades se observa un movimiento de giro que muestra la variación de la posición del depocentro lo que puede representar el momento de apertura de la cuenca, es decir el paso de cuenca endorreica a cuenca exorreica, lo cual fue el momento en el que el río Ebro se encajó y salió hacia el SW realizando un giro que cambia su dirección N-S por una dirección SW por lo que la cuenca obtuvo conexión con el Mar Mediterráneo tras abandonar la cuenca cortando la falla de Miravet (dirección N-S).

Bibliografía

Anadón, P., Colombo, F., Esteban, M., Marzo, M., Robles, S., Santanach, P. & Solé Sugañés, L. (1979). Evolución tectonoestratigráfica de los Catalánides. *Acta Geológica Hispánica* 14: 242-270.

Arasa, A. (2004), *Introducció a la geologia de les Terres de L'Ebre*.

Arasa, A., 1986, Depósitos cuaternarios en el Bajo Ebro: características estratigráficas y deposicionales, *Geogaceta* 15 (1994), 98-101.

Babault, J., Bonnet, S., Davy, P., Castelltort, S., Loget, N., Van Den Driessche, J., 2006, Did the Ebro basin connected to the Mediterranean before the Messinian salinity crisis?, *Geomorphology*.

Balash, J.C., Boixadera, J., Lorwick, S.E., Poch, R.M., (2014), Loess and soils in the Eastern Ebro Basin, *Quaternary international*, pgs. 1-20.

Balash, J.C., Boixadera, Castelltort, S., Herrero, C. (2014), *Loess peridesérticos en la Cubeta de Móra D'Ebre (Depresión Prelitoral Catalana, NE España)*

Calle, M., Cunha, P., Oliva-Urcia, Peña, J.L., Pueyo, E., Sancho, C., (2013), La secuencia de terrazas cuaternarias del río Alcanadre (provincia de Huesca): características y consideraciones paleoambientales. *Cuadernos de Investigación Geográfica* 39: pgs. 159-178.

Cartografía Geológica de Cataluña a escala 1:25.000 (en línea). (Fecha de la consulta 6-8-2017). Disponible en: <http://betaportal.icgc.cat/visor/client_utfgrid_geo.htm>

Centro de descargas del Instituto Geográfico Nacional (en línea). (Fecha de consulta 14-7-2017). Disponible en: <<http://centrodedescargas.cnig.es/CentroDescargas/index.jsp>>

Mapa de la cuenca del Ebro de Abapeisa (en línea). (Fecha de consulta: 20-8-2017). <<http://abapeisa.com/aprobado-el-plan-hidrologico-de-la-demarcacion-hidrografica-del-ebro/>>

Orche García E., Robles Orozco R., Rosell Sanuy J., (1977), *Mapa Geológico de España 1:50.000*, hoja nº 471 (Mora de Ebro) y memoria. IGME, Madrid. 44p. Instituto Geológico y Minero de España (IGME).

Teixell, A. (1985), Estudi de les Serres de Pandols, de Cavalls i del Montsant i de les seves relacions amb les depressions de L'Ebre i de Móra. Tesis de licenciatura. Universidad de Barcelona. 149p.