

EL PALEÓGENO DE LA PROVINCIA DE GUADALAJARA: «EL COMIENZO DE UNA NUEVA ERA. LA FORMACIÓN DE LAS CORDILLERAS Y CUENCAS CONTINENTALES»

F. López Olmedo¹, M. Montes¹, F. Nozal¹, A. Díaz de Neira¹, J. Luengo¹ y R. Martín Banda¹

¹ Área de Cartografía Geocientífica. Instituto Geológico y Minero de España. c/ Calera 1. Tres Cantos. 28760 Madrid

1. INTRODUCCIÓN

El Cenozoico es una Era geológica que incluye los materiales formados en la corteza terrestre desde hace 65 millones de años hasta la actualidad. Se han definido como sub-Eras: el Terciario (entre -65 y -1,8 m.a.) y el Cuaternario (entre 1,8 m.a. y la actualidad). El Terciario a su vez se divide en dos sistemas: el Paleógeno o Terciario inferior (de -65 m.a. a -22,5 m.a.) y el Neógeno o Terciario superior (de -22,5 a -1,8 m.a.).

El Paleógeno (Fig. 1) está formado por el Paleoceno, Eoceno y Oligoceno, abarcando un periodo de tiempo muy activo de 42,5 m.a, en el que, tras la retirada en la región de los mares cretácicos se instala una sedimentación continental que va a continuar durante todo el Cenozoico alternando con momentos de deformación que van a generar la estructuración y formación de las cadenas montañosas a nivel peninsular entre ellas el Sistema Central, el Sistema Ibérico y la Sierra de Altomira, que conforman una buena parte de los relieves importantes de la provincia de Guadalajara.

ERA SISTEMA	SERIE	PISO	FACIES/U.LOCAL	M.a.	P.O.	FASES TECTÓNICAS		
CENOZOICO	IVº	HOLOCENO	(Actual)		0.01			
		PLEISTOCENO	CALABRIENSE		1.8			
	NEÓGENO	PLIOCENO	PLACENZIENSE	VILLAFRANQUIENSE		3.4		
			ZANCLAYENSE	RUSCINIENSE		5.3		
		MIOCENO	MESSINIENSE	TUROLIENSE		6.5		
			TORTONIENSE	VALLESIENSE		11		
			SERRAVALLIENSE	ARAGONIENSE	ASTARAC.	14.5		
			LANGHIENSE	RAMBLIENSE	ORLEANIENSE	16		
			BURDIGALIENSE			20		
			AQUITANIENSE	AGENIENSE		23.5		
			OLIGOCENO	CHATTIENSE	ARVERNIENSE		28	
				RUPELIENSE	SUEVIENSE		34	
	PRIABONIENSE	RHENANIENSE		SUP. MEDIO INF.	37			
	EOCENO	BARTONIENSE	NEUSTRIENSE	CUISIENSE	40			
		LUTECIENSE		ILERDIENSE	46			
		YPRESIENSE			53			
		THANETIENSE			59			
	PALEOCENO	DANIENSE			65			
			GARUMN					
						NEOALPINO	IberoManchega ² IBEROMANCHEGA ¹ IntraZanc ¹ lay... IntraMessin... BÉTICA	
					MESOALPINO	Neocastellana Castellana Pirenaica 2 ^a PIRENAICA 1 ^a		
					ALPINO	Prepirenaica Neolarámica PALEOLARÁMICA		

Figura 1. Leyenda cronoestratigráfica del Cenozoico.



2. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LOS DEPÓSITOS PALEÓGENOS

Una visualización rápida del mapa geológico de la provincia de Guadalajara permite observar como los materiales paleógenos aflorantes aparecen asociados a los relieves que conforman las principales unidades geológicas del centro peninsular. Generalmente se encuentran plegados y a veces discordantes sobre los materiales cretácicos, quedando ocultos por los sedimentos terciarios más modernos de la Cuenca del Tajo. Esta cuenca de origen intracratónico y de forma triangular, limitada al Norte por los materiales graníticos y metamórficos del Sistema Central y al Este por los sedimentos mesozoicos de la Cordillera Ibérica. Hay que destacar además, como rasgo característico de esta cuenca, los relieves de la Sierra de Altomira, unidad de dirección submeridiana, que individualiza la parte más oriental de la cuenca, separando la Cuenca de Madrid de la denominada Depresión Intermedia o Cuenca de Loranca. La estructuración alpina del Sistema Central y de la Cordillera Ibérica durante el Paleógeno, como el emplazamiento del cinturón de cabalgamientos de Altomira en el Mioceno inferior condicionaron la sedimentación y relleno de la Cuenca del Tajo.

Los materiales terciarios aflorantes en la provincia, tanto los paleógenos como los neógenos, corresponden a depósitos continentales, sedimentados por lo general por grandes sistemas aluviales, ríos y lagos, que durante esos tiempos ocupaban buena parte de la región y zonas limítrofes, quedando ocultos posteriormente en su mayor parte por los depósitos neógenos que ocupan actualmente esa depresión. Los afloramientos paleógenos se localizan principalmente en las estribaciones y borde meridional del Sistema Central, así como en la Cordillera Ibérica, tanto en el interior como a lo largo del borde suroccidental, así como en la Sierra de Altomira y zonas limítrofes, formando así parte del relleno de la Depresión Intermedia. La disposición de dichos depósitos es en forma de orla sobre los relieves mesozoicos o de forma dispersa e irregular, formando, a veces, parte de cuencas intramontañosas.

Es fácil deducir que los depósitos paleógenos, se encuentran relacionados con la evolución y el desmantelamiento parcial de las cadenas circundantes, iniciándose la sedimentación continental a finales de los tiempos cretácicos y/o a comienzos del Terciario. La naturaleza y composición de los sedimentos de naturaleza detrítica (conglomerados y areniscas) ponen en eviden-

cia, tanto el área que se estaba levantando como la naturaleza litológica de la misma. Los depósitos neógenos que afloran en buena parte de la provincia, ocultan bajo ellos, potentes series paleógenas que han sido reconocidas en los sondeos profundos que se han realizado (Baidés, Santa Bárbara, etc.). Interesa también destacar que la configuración paleogeográfica de las cuencas paleógenas dista mucho de la existente posteriormente durante los tiempos neógenos y por supuesto de la que tiene la actual Cuenca del Tajo. El estudio de sus depósitos, su distribución, las variaciones laterales, cambios de facies, yacimientos, etc. y en general su estratigrafía, permiten reconstruir en parte o de forma aproximada, de donde procedían los mismos, el medio sedimentario donde se depositaron, el clima entonces reinante y en resumen, su paleogeografía.

Por lo general los depósitos paleógenos presentan una gran variedad litológica y están formados por rocas sedimentarias tanto detríticas del tipo conglomerados areniscas y arcillas, propios de ambientes aluviales y fluviales como por sedimentos evaporíticos y carbonatados, característicos de sebkhas y lagos salinos o carbonatados. Los afloramientos son muy discontinuos y se presentan sobre las series mesozoicas, plegados y en general estructurados en forma de cinturones relativamente estrechos, donde son frecuentes los cambios laterales de facies, lo que hace que resulte difícil establecer una estratigrafía clara y precisa de los materiales (Alonso *et al.* 2004), más aun cuando se encuentran relacionados con la evolución y deformación de las distintas cadenas a las que se encuentran asociados.

Desde la retirada de los mares cretácicos a finales del Mesozoico y ya durante los tiempos paleógenos se produce un importante acumulo de materiales tanto de naturaleza evaporítica y carbonatada como de carácter detrítico grosero, es decir se depositaron yesos, calizas, dolomías, margas, conglomerados, areniscas y lutitas sobre un área fuertemente subsidente, ocupada en buena en parte por la actual Cuenca del Tajo y sus relieves limítrofes. Es de destacar el escaso número de yacimientos paleontológicos existentes si bien y aunque de forma muy dispersa, se localizan en menor proporción algunos de ellos en el borde meridional del Sistema Central (Beleña del Sorbe, Huérmeces del Cerro) y en mayor en el entorno de la Sierra de Altomira y Depresión Intermedia, lo cual han permitido una datación y atribución cronológica precisa.

La realización con fines petrolíferos de varios sondeos profundos y de líneas sísmicas (Fig. 2), ponen en evidencia en el subsuelo, la existencia de materiales



paleógenos de características similares a las descritas, así como su estructuración y relación con las series mesozoicas infrayacentes. Los perfiles sísmicos en la Cuenca del Tajo delimitan un potente conjunto de materiales paleógenos, extendidos de forma continua a lo largo de toda ella (Racero, 1988; Querol, 1989). Las líneas sísmicas ponen de manifiesto un reparto netamente asimétrico del relleno sedimentario terciario y dentro de él, un dominio de las sucesiones paleógenas, que constituyen aproximadamente dos tercios del total de depósitos acumulados en la cuenca a lo largo del Cenozoico. El sondeo de Santa Bárbara, así como los de Tielmes, San Sebastián de los Reyes y Pradillo, muestran un marcado predominio de facies evaporíticas de carácter lacustre, que afloran con bastante potencia al Norte de la cuenca (Jadraque-Cogolludo) y forman parte de las series paleógenas plegadas de la Sierra de Altomira (Muñoz Martín, 1997) y del borde suroccidental de la Cordillera Ibérica.

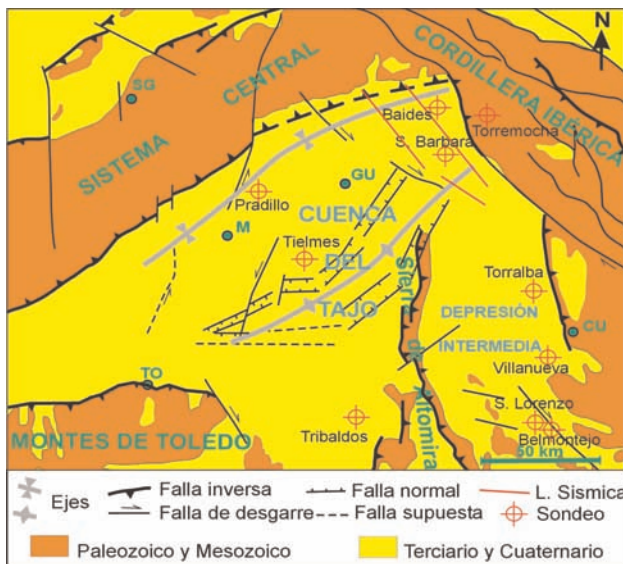


Figura 2. Localización de sondeos profundos y de algunas líneas sísmicas en la Cuenca del Tajo a las que se hace referencia en el texto y figuras adjuntas.

De acuerdo con todo lo anteriormente expuesto y a grandes rasgos en los materiales paleógenos aflorantes en la provincia de Guadalajara, se pueden agrupar en tres grandes conjuntos.

1. Un conjunto inferior de edad Cretácico superior-Paleógeno inferior (Campaniense a Eoceno medio), formado por evaporitas, carbonatos y lutitas, con algunos niveles de areniscas. Esta unidad se encuentra muy bien representada tanto

en el borde meridional del Sistema Central como en la Sierra de Altomira y borde suroccidental de la Cordillera Ibérica.

2. Un conjunto medio de edad Paleógeno (Eoceno Medio - Oligoceno Medio), constituido por calizas, margas, yesos, arcillas, areniscas y conglomerados. Se localiza tanto en el Sistema Central como en la Sierra de Altomira.
3. Un conjunto superior de edad Paleógeno superior-Mioceno inferior (Oligoceno superior-Ageñense) de conglomerados, areniscas y margas, aflorando tanto en el Sistema Central como en la Cordillera Ibérica y Sierra de Altomira.

La evolución de la Cadena Ibérica tanto durante el Eoceno como en el Oligoceno e incluso a comienzos del Mioceno, hace que el relleno sedimentario de las cuencas cenozoicas aparezca caracterizado por la existencia de una serie de unidades separadas por discordancias, marcadas discontinuidades y/o rupturas sedimentarias espaciadas en el tiempo y relacionadas todas ellas con los movimientos de levantamiento y deformación de la cadena.

Por todo ello, para la descripción y estudio estratigráfico de los materiales paleógenos, así como para una mejor comprensión de la evolución de la región durante esos tiempos, se ha dividido este epígrafe en tres apartados, de acuerdo a la ubicación de los depósitos y la relación de estos con las grandes unidades geológicas en las que afloran y con los que se relacionan:

- El Paleógeno del borde meridional de las estribaciones del Sistema Central
- El Paleógeno de la Cordillera Ibérica
- El Paleógeno de la Sierra de Altomira y Depresión Intermedia.

2.1. El Paleógeno del borde meridional de las estribaciones del Sistema Central

El borde meridional del Sistema Central pone límite a esta cordillera con la Cuenca del Tajo y los afloramientos paleógenos se sitúan sobre el mesozoico carbonatado, formando una ancha banda paralela a la cadena desde las proximidades de Torrelaguna y Pontón de la Oliva hasta cerca de Sigüenza.

En este sector, Portero y Olivé (1984), diferencian una serie de unidades de edad paleógena que las definen como «Unidades Inferiores plegadas», que hacia el Noreste de Guadalajara presentan notables variaciones de facies. Estos autores consideran como unidad basal, la Unidad de Brechas del Pontón de la Oliva, de unos 40 m de espesor, conjunto sedimentario mal definido que integra depósitos calcáreos fuertemente afectados por procesos diagenéticos, a lo que atribuyen una edad fini-



cretácica. Sobre ese conjunto brechoide se sitúan dos grandes unidades paleógenas, que se caracterizan por su notable espesor y extensión a lo largo de todo el borde del Sistema Central (Portero y Olivé, 1984; Arribas, 1986; Alonso-Zarza y Calvo, 2002 y Alonso-Zarza *et al.*, 2004) y que corresponden a:

- *Unidad de lutitas rojas, yesos y conglomerados de Torrelaguna-Uceda.* Constituida por lutitas, yesos, conglomerados y cuarcitas que alcanzan unos 1100 m de espesor, comprenden los términos más superiores del Cretácico así como parte del Eoceno (Portero y Olivé, 1984). En los primeros 400-500 m predominan las lutitas rojas y versicolores, con presencia de yeso, a veces de carácter detrítico y en la parte superior de la unidad predominan las lutitas rojas, areniscas, yesos y conglomerados con matriz de yeso detrítico.

Tanto los términos inferiores como los superiores se depositaron en un ambiente continental y se interpretan como facies características de llanuras aluviales dístales, en tránsito a depósitos ligeramente más detríticos y proximales en la parte superior de la sucesión. Cuanto más hacia el Este, los depósitos terrígenos pasan progresivamente a yesos, adquiriendo un predominio notable en el área de Cogolludo y Jadraque. Estos yesos se interpretan como el depósito en lagos salinos bastante extensos. Localmente, esta unidad paleógena presenta niveles de calizas y dolomías con delgadas capas carbonosas. Todo este conjunto a su vez se puede subdividir en dos subunidades (López Olmedo *et al.*, in press), respetando la denominación existente. Así se diferencia:

- *Subunidad de Torrelaguna.* Correspondería a la parte baja de la citada unidad y predominarían en

ella los sedimentos lutíticos rojos y violáceos con intercalaciones de yesos blancos (Fotografías 1 y 2). Sería equivalente a las facies Garumn característica del Cretácico terminal y con una edad que abarcaría probablemente desde el Campaniense al Maastrichtiense (Gil *et al.*, 2004). Estos depósitos se situarían por encima de las Brechas del Pontón de la Oliva y lateralmente pasarían todas ellas a una alternancia de anhidritas y dolomías, reconocibles en el subsuelo en zonas algo más orientales, ya en plena Cuenca del Tajo.

- *Subunidad de Uceda.* Se sitúa por encima de la anterior y correspondería a la parte media-alta de la Unidad de lutitas rojas, yesos y conglomerados de Torrelaguna-Uceda. Está formada por un conjunto heterogéneo de lutitas, yesos y conglomerados de tonalidades rosadas y grisáceas (Fotografías 3 y 4), con un carácter más evaporítico hacia los sectores nororientales, hasta pasar a los yesos de la Unidad Jadraque-Cogolludo. Hacia sectores occidentales, ya en la provincia de Madrid, adquieren un carácter más detrítico. Su edad se situaría entre el Paleoceno y el Eoceno medio (Rhenaniense) al estar datados los términos basales de la unidad suprayacente.

- *Unidad mixta terrígeno-carbonatada de Beleña de Sorbe-Torremocha de Jadraque.* Unidad litológicamente de carácter muy heterogéneo, presenta un espesor entorno a los 900 m y abarca desde el Rhenaniense superior al Arverniense, es decir desde el Eoceno medio hasta comienzos del Oligoceno superior. A su vez se pueden reconocer tres tramos: uno inferior, de calizas y



Fotografía 1. Subunidad de Torrelaguna en las proximidades del Pontón de la Oliva.



Fotografía 2. Subunidad de Torrelaguna junto al río Jarama.



Fotografía 3. Subunidad de Uceda cerca de Valdepeñas de la Sierra.



Fotografía 4. Subunidad de Uceda en el valle del río Jarama cerca de Puebla del Valles.

margas lacustres, con un espesor medio de 350 m, cuya edad se atribuye al Headoniense-Eoceno superior (Arribas, 1986, 1994 y Portero et al. 1990), otro intermedio que incluye niveles de yesos, margas y calizas de edad Sueviense-Arverniense, con una potencia de unos 200 m (Arribas et al., 1983) y finalmente uno superior, formado por lutitas rojas muy edafizadas, con intercalaciones de areniscas y conglomerados, que alcanza espesores de 450 m (Alonso-Zarza et al., 2004).

La relación geométrica de estas unidades entre sí y con los materiales neógenos suprayacentes es particularmente neta en el borde norte de la Cuenca del Tajo, a lo largo del anticlinal de Baidés, donde se reconoce una discordancia progresiva de la que forman parte estas unidades paleógenas y la U. Inferior e Intermedia del Mioceno. Algo más al Sur, en las proximidades de Villaseca de Henares, la misma serie paleógena aparece invertida y los depósitos miocenos se disponen claramente discordantes sobre los paleógenos (Alonso-Zarza et al., 2004).

En los materiales paleógenos aflorantes en el borde meridional del Sistema Central, entre los valles del Sorbe y el Henares (Figura 3), Arribas et al. (2004), distinguen tres zonas o sectores: una primera, la más occidental que denomina de Beleña de Sorbe, una segunda ó central que denomina de Torremocha de Jadraque y la tercera, la más nororiental que llama de Huérmeces del Cerro. Además dichos autores caracterizan litoestratigráficamente los materiales paleógenos aflorantes en cada uno de esos sectores, diferenciando (Fig. 3) dos unidades: una inferior o Unidad Carbonatada (Fotografía 7) y una superior o Unidad Detrítica (Fotografía 8).

En la primera predominan las facies químicas y corresponde a la parte baja de la serie, mientras que la segunda se sitúa discordante sobre la anterior y muestra un carácter más grosero y granocreciente. Ambas unidades equivaldrían a la denominada por Portero y Olive (1983) «Unidad mixta terrígeno-carbonatada de Beleña de Sorbe-Torremocha de Jadraque» (Fotografía 5).

La Unidad Carbonatada a su vez se dispone también discordante sobre la infrayacente, formada por yesos y margas (Unidad de Cogolludo, Fotografía 6), como se puede observar en el anticlinal de Aleas entre el río Sorbe y Cogolludo (Portero et al. 1990). Presenta espesores máximos de 500 m en Torremocha de Jadraque y del orden de 200 m en Huérmeces del Cerro, donde se encuentra datada como Eoceno medio (Crusafont et al, 1960). En Beleña del Sorbe los depósitos corresponden a ambientes lacustres y deltáicos y hacia el noreste pasan a depósitos de ambientes palustres y lacustres.

Por último interesa destacar que en el borde noroccidental de la provincia, en la localidad de Campisabalos en la Sierra de Pela, y próximo al borde de la Cuenca del Duero, sobre los materiales cretácicos que conforman dichos relieves, se sitúa discordante un conjunto detrítico de conglomerados, areniscas y arcillas clásicamente atribuidos clásicamente al Mioceno aunque recientemente se les atribuye una edad Oligoceno (López Olmedo et al. in press), por su posición estratigráfica y relación con los materiales próximos que conforman el relleno de la Cuenca del Duero, aunque sin argumentos paleontológicos que justifiquen tal edad.



Fotografía 5. Paleógeno del valle del Sorbe. Unidad mixta terrígeno-carbonatada de Beleña de Sorbe-Torremocha de Jadraque (Portero y Olive, 1983).

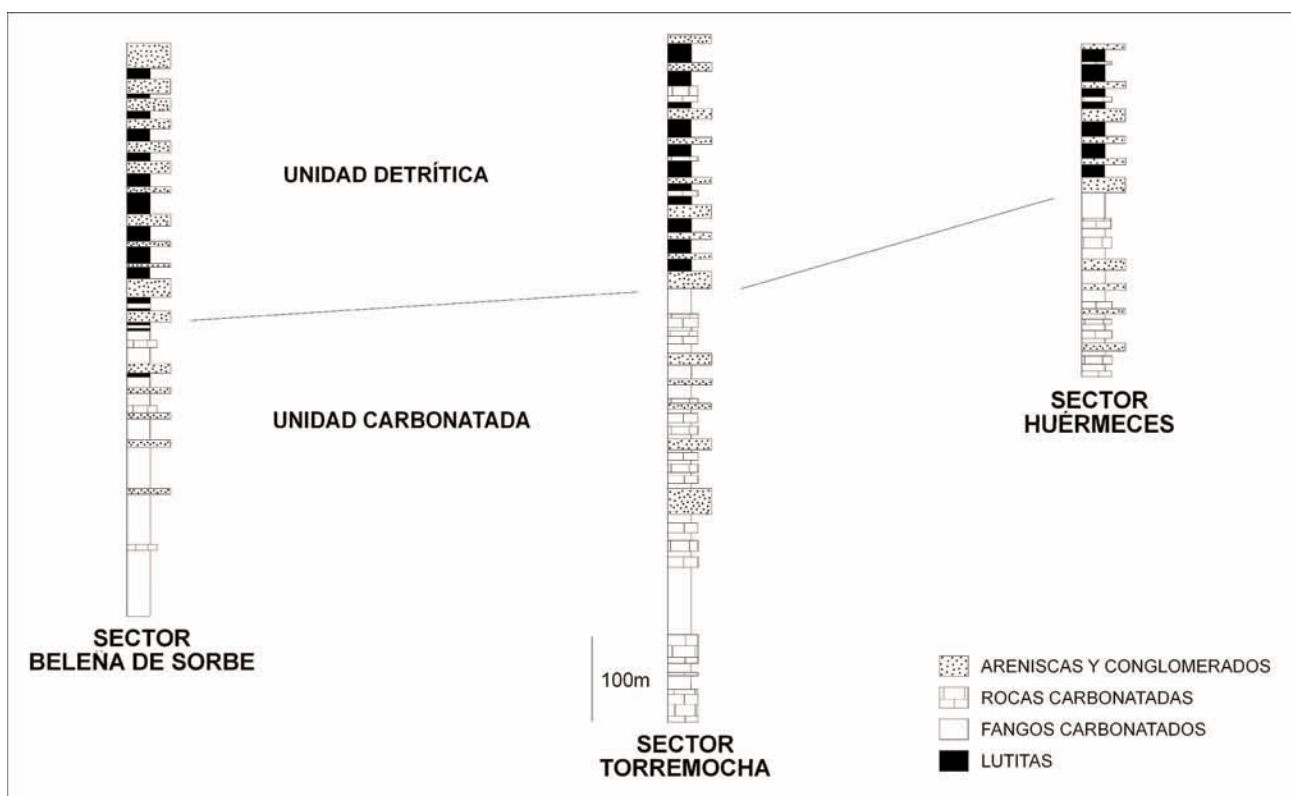


Figura 3. Correlación de las Unidades carbonatada y detrítica del Paleógeno del borde meridional del Sistema Central según Arribas et al. (2004).

2.2. El Paleógeno de la Cordillera Ibérica

La Cordillera Ibérica ocupa la mitad oriental de la provincia de Guadalajara y se sitúa en posición adyacente a las estribaciones del Sistema Central. Se trata de una cadena de tipo intermedio, afectada por plegamientos, despegues y cabalgamientos, pero sin la inten-

sidad y marcada aloctonia de otras cadenas alpinas peninsulares tipo Pirineos o Cordilleras Béticas. De dirección general NO-SE, fue plegada durante la orogénesis alpina en el Eoceno-Oligoceno superior (Álvaro et al., 1979), si bien existen deformaciones y fracturación a lo largo de todo el Neógeno, durante el Mioceno e incluso hasta en el Plioceno.



Fotografía 6. Unidad de Cogolludo. Yesos aflorantes en el flanco septentrional del anticlinal de Aleas



Fotografía 7. Unidad de Beleña del Sorbe en la carretera de Puebla de Beleña a Cogolludo.



Fotografía 8. Unidad Detrítica al Norte de Beleña del Sorbe

La Rama Castellana de la Cordillera Ibérica, está formada por una cobertera esencialmente mesozoica, cubierta parcialmente por sedimentos paleógenos que en conjunto pueden llegar a alcanzar los 1500 m de espesor y donde el basamento varisco aparece en afloramientos muy localizados a favor de núcleos de estructuras y cabalgamientos y/o fallas importantes. La estructura de la Cordillera Ibérica en el margen de la Cuenca del Tajo está caracterizada por la presencia de una serie de pliegues escalonados cuya dirección predominante es NO-SE, con vergencia tanto al Noreste como al Suroeste y asociados a importantes cabalgamientos del basamento (De Vicente et al., 2004).

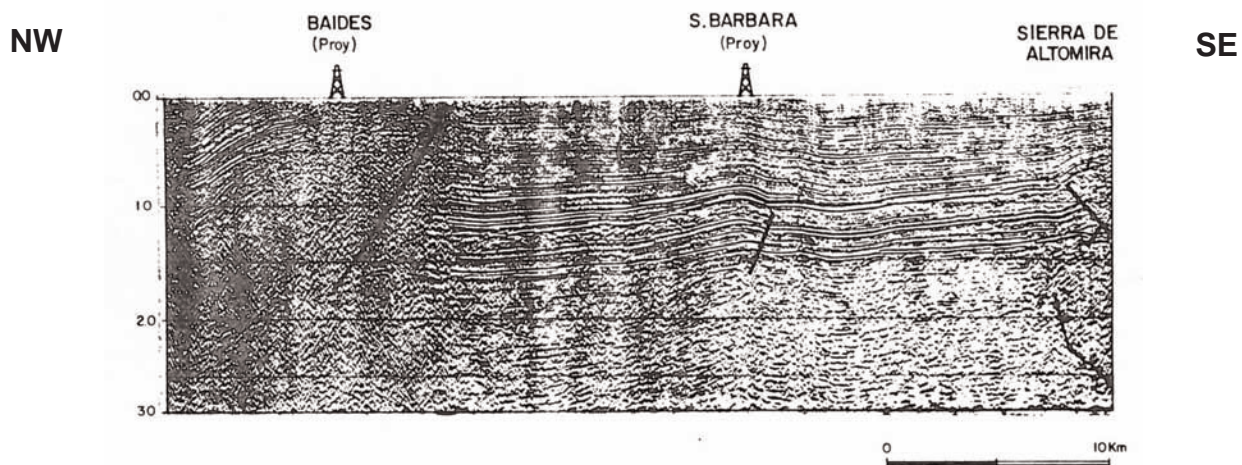


Figura 4. Línea sísmica situada sobre el Terciario alcarreño. Se reconocen las distintas unidades cenozoicas así como el sustrato mesozoico y los principales accidentes (según Racero 1988).

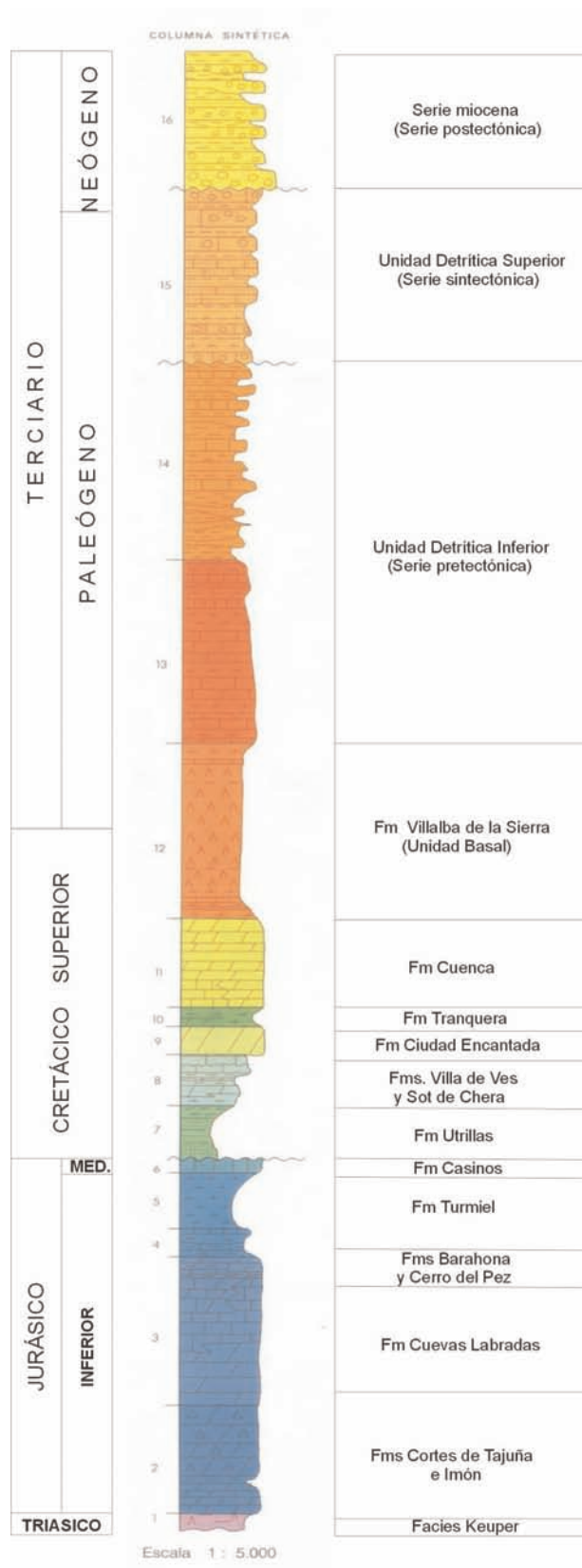


Figura 5. Columna sintética del sector de Ledanca-Cifuentes y Alto Tajo (Ríos Aragües et al. 2002).

Los afloramientos paleógenos de esta cadena, se localizan en varias zonas de la provincia, si bien donde adquieren mayor representatividad es en las proximidades y borde de la Cordillera Ibérica con la Cuenca del Tajo, aflorando tanto en las proximidades de Cifuentes, como en el Alto Tajo entre Ocentejo, Valtablado del Río y Zaorejas. Además se reconocen otra serie de afloramientos, aunque de forma discontinua, tanto al Noreste de la provincia, cerca del límite con la de Zaragoza como al Este en Checa, cerca de la de Teruel.

Algunas hojas geológicas MAGNA que abarcan el borde suroccidental de la Cordillera Ibérica (Fernández Giménez *et al.*, 1989 y Ríos Aragües *et al.*, 2002, Fig. 5) así como los estudios del subsuelo (Figuras 4 y 6) realizados en este sector de la Cuenca del Tajo, (Racero 1988), diferencian sobre el Cretácico marino cuatro unidades:

- Una primera Unidad basal de carácter evaporítico y carbonatado, que sería equivalente a las facies Garumn.
- Una segunda unidad denominada T1 ó Serie pre-tectónica claramente paleógena.
- Una tercera denominada T2 o Serie sintectónica también paleógena.
- Una cuarta unidad o complejo somital, denominado Serie posttectónica, que equivaldrían para los citados autores a las series neógenas clásicas que conforman el relleno de la Cuenca del Tajo así como de las pequeñas cuencas intramontañosas que se reconocen en esta región.
- *Unidad basal.* Los afloramientos más extensos y representativos se localizan en la zona del Alto-Tajo, desde el sector de Cifuentes hasta Zaorejas. Al igual que ocurre en el borde del Sistema Central y en la Sierra de Altomira, sobre el Cretácico marino se dispone en tránsito gradual con el infrayacente calco-dolomítico, un conjunto de más de 200 m de espesor, formado por una alternancia de brechas calcáreas, margocalizas, calizas oncolíticas, arcillas y margas, más abundantes estas últimas hacia techo.

En algunas zonas como en Cifuentes (Fernández Giménez *et al.*, 1989), se pueden diferenciar tres tramos: uno inferior de margocalizas y brechas dolomíticas formadas por colapso por disolución de anhidritas, uno intermedio evaporítico, a veces bastante potente (alrededores de Trillo y Sotoca del Tajo), formado por yesos masivos y anhidritas alternado con margas claras y niveles de conglomerados calcáreos y un tramo superior detrítico-carbonatado, con niveles de margas y calizas lacustres con gasterópodos y oncolitos.



En los alrededores de Ocentejo se localiza del orden de 100 m de niveles margosos, calcáreos y arcillosos con yesos e intercalaciones arenosas, con characeas que caracterizan al Eoceno inferior (Adell *et al.*, 1979). Todo el conjunto descrito resulta equivalente a la Fm Villalba de la Sierra, aflorante en la Serranía de Cuenca y Sierra de Altomira, y a las series detrítico-evaporíticas del borde Sur del Sistema Central (Unidades de Jadraque-Cogolludo y Uceda-Torrelaguna), descritas en el epígrafe anterior.

Desde el punto de vista de sedimentario estos depósitos corresponden y evolucionan desde ambientes tipo «sebkha» donde se depositarían dolomías y anhidritas a ambientes palustres y lacustres con sedimentación de margas, margocalizas y calizas y donde los episodios fluviales son bastante escasos y efímeros.

- *Serie preTECTÓNICA*. Por encima de la anterior y en clara discordancia se sitúa una segunda unidad denominada «T1 ó Serie preTECTÓNICA» (Fernández Giménez *et al.*, 1989, Ríos Aragües *et al.*, 2002). Fundamentalmente presentan un carácter detrítico formado por conglomerados muy cementados, a veces cuarcíticos en la base, areniscas y arcillas, que hacia techo presentan tramos margosos de tonos asalmonados, niveles oncolíticos y calcáreos con gasterópodos y characeas, que indican ya una edad Oligoceno inferior-medio. Afloran en el anticlinal de Trillo así como en el Alto Tajo, cerca de Zaorejas y en Valtablado del Río.

Corresponde a episodios fluviales que evolucionan a ambientes lacustres y palustres similares a los que acontecieron durante la sedimentación del episodio anterior. En base a las características de esta unidad y por su posición estratigráfica se les asigna una edad Rhenaniense



Fotografía 9. Conglomerados y arcillas rojas cerca de Zaorejas Unidad sintectónica en el Alto Tajo.

superior-Arverniense inferior, es decir Eoceno Medio-Oligoceno Medio, por lo que resultaría equivalente a la Unidad Detrítica Inferior de Díaz Molina (1974) aflorante en la Depresión Intermedia y Sierra de Altomira.

- *Serie sintectónica*. Dentro de la serie paleógena se reconoce una tercera unidad, también de carácter detrítico aunque algo más restringida y aflorante en las parameras del Alto Tajo y en Alustante, en la zona más oriental de la provincia, cerca del límite con la de Teruel. Es la denominada «T2 ó Serie sintectónica» (Fernández Giménez *et al.*, 1989, Ríos Aragües *et al.*, 2002), que se apoya en clara



Fotografía 10. Unidad sintectónica en el Alto Tajo. Niveles calcáreos en la carretera de Zaorejas a Villanueva de Alcoron.

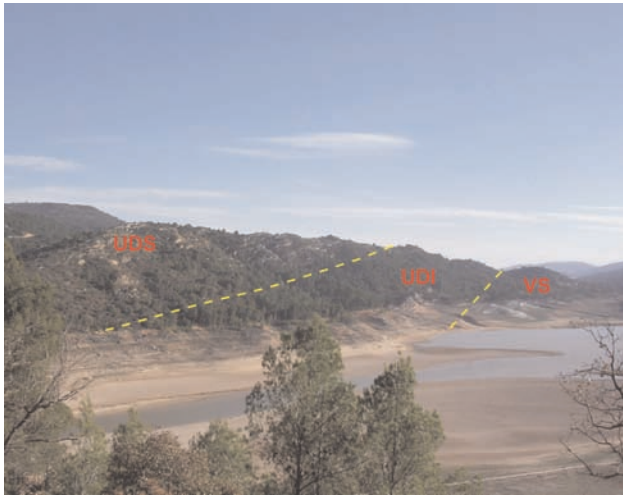
discordancia sobre diferentes unidades infrayacentes.

Está formada por conglomerados de cantos calcáreos y cuarcíticos, areniscas y arcillas de tonalidades rojizas (Fotografía 9), culminados a techo en el sector de Zaorejas por un conjunto calcáreo de tonalidades claras, ocres y blanquecinas y formado por calizas arenosas, calizas y margas (Fotografía 10), que pueden intercalar delgados niveles de arcillas lignitíferas. Esta unidad corresponde a un medio de sedimentación de tipo abanicos aluviales relacionados con el levantamiento de este sector de la cadena y al desarrollo finalmente de ambientes lacustres bajo condiciones de clima de tipo semiárido. Por su disposición con respecto a los depósitos infrayacentes, estratigráficamente se sitúa a todo este conjunto entre el Oligoceno superior y el Mioceno inferior, resultando equivalente (Adell *et al.*, 1978 y Lendinez *et al.*, 1981) a la Unidad Detrítica Superior de Díaz Molina (1978) o bien la Unidad Paleógena de Torres *et al.* (2006) aflorante al Este de la Sierra de Altomira.

En resumen, los afloramientos paleógenos de este sector de la Cordillera Ibérica, presentan una cierta simi-



litud litológica con los de los bordes de las otras cadenas circundantes a la Cuenca del Tajo. Es de destacar el carácter continental de todos ellos, encontrándose relacionados con ambientes deposicionales de tipo aluvial y/o fluvial así como lacustres, desarrollados sobre los relieves de la cadena Ibérica y en relación con las etapas de deformación de la misma.



Fotografía 11. Sierra de Altomira y margen izquierdo del embalse de Entrepeñas. Afloramientos de la Fm Villalba de la Sierra (VS), Unidad Detrítica Inferior (UDI) y Unidad Detrítica Superior (UDS).

2.3. El Paleógeno de la Sierra de Altomira y Depresión Intermedia

La Sierra de Altomira es una alineación mesozoica de dirección submeridiana, formada por un estrecho cinturón de pliegues y cabalgamientos, vergentes hacia el Oeste, que se encuentra situada en el interior de la Cuenca del Tajo y que separa a esta de la denominada Depresión Intermedia y cuyo límite oriental lo constituye la Cordillera Ibérica (Fotografía 11).

La estructuración de la Sierra de Altomira comenzó a gestarse a comienzos del Terciario, en el Eoceno superior, iniciando su emplazamiento a finales del Paleógeno y terminándolo de hacer en el Mioceno medio-superior (Muñoz Martín, 1997). Su estructuración afecta a los materiales de las cuencas adyacentes (Cuenca de Madrid y Depresión Intermedia) y se pone de manifiesto con la presencia de discordancias progresivas y otras estructuras características de la sedimentación sintectónica. La edad del emplazamiento final de esta unidad se sitúa entre el Oligoceno superior y el Mioceno inferior, de acuerdo con los datos paleogeográficos y las dife-

rentes etapas de relleno de la Depresión Intermedia (Alonso-Zarza *et al.*, 2004) así como por los datos obtenidos en el borde con la Cuenca de Madrid (Rodríguez-Aranda *et al.*, 1995).

En la Sierra de Altomira, la serie paleógena aparece también plegada y está formada por una potente sucesión de evaporitas, con intercalaciones de conglomerados, areniscas y lutitas rojas, que localmente aparecen cobijadas por los cabalgamientos de los materiales cretácicos (Muñoz-Martín, 1997). En Sayatón, en el borde con la Cuenca de Madrid, donde existe un yacimiento de vertebrados de edad Oligoceno superior (Calvo *et al.*, 1990), se observan dos ciclos paleógenos separados por una discordancia angular, a su vez cubiertos por una unidad en disposición subhorizontal que es correlacionable con la serie aflorante al Este de la Sierra de Altomira. Unas relaciones geométricas similares son reconocibles también en el anticlinal de Pareja (Calvo *et al.*, 1990).

El Paleógeno del sector occidental de la provincia de Guadalajara posee una reducida representación, sensiblemente inferior a la que tiene tanto el Cretácico como, especialmente, el Neógeno. Sus afloramientos pertenecen al dominio de la Depresión Intermedia y de forma puntual a la Cuenca de Madrid. Como consecuencia de su escasa representación superficial se trata de un periodo con notables lagunas en cuanto al conocimiento de su paleogeografía, especialmente durante sus comienzos. Como puntos de observación de la serie paleógena y de sus discontinuidades, destacan el corte de Sacedón y la discordancia de Pareja (Díaz de Neira *et al.*, 1999; Hernaiz *et al.*, 1999).



Fotografía 12. Fm Villalba de la Sierra (Cretácico Superior-Eoceno Medio) en las proximidades de Sacedón.



Fotografía 13. Afloramientos de la Unidad Detrítica Inferior (Eoceno superior-Oligoceno inferior) en las proximidades de Sacedón.

En cualquier caso, el inicio del Paleógeno representa en esta zona un periodo de continuidad con relación a los últimos episodios del Cretácico superior, cuyo registro evidencia una clara tendencia regresiva, de forma que la plataforma carbonatada característica de los tiempos cretácicos es reemplazada por un régimen continental que perdura a lo largo de todo el Terciario e incluso hasta la actualidad.

El final del Cretácico y el inicio del Terciario en este sector están representados por la Fm Villalba de la Sierra (Fotografía 12), equivalente a la tradicional facies Garumn o a la denominada Unidad Basal de Díaz Molina (1974). Sus afloramientos evidencian que a comienzos del Paleoceno aún no se habrían insinuado los relieves que dominan actualmente la región, de forma que la zona constituiría una extensa llanura costera con zonas a veces con influencia marina en la que se sedimentarían sucesivamente anhidritas nodulares, yesos, dolomías con anhidritas, lutitas yesíferas y arcillas correspondiendo a un ambiente de sebkhas, marismas y llanuras fangosas, instaladas tras la retirada del mar hacia zonas más orientales.

El desarrollo de la orogenia alpina (Fase Pirenaica) durante el Eoceno supuso una reactivación de los relieves circundantes de la gran cuenca sedimentaria cretácico-paleocena. En concreto, en la región se instaló una sedimentación fluvio-lacustre, ya sin influencia marina con importantes sistemas aluviales procedentes del Sur, que se correspondería con la denominada Unidad Detrítica Inferior (Díaz Molina, 1974) o Unidad Paleógena

(Díaz de Neira *et al.*, 1999). Las areniscas y arcillas rojas y asalmonadas que la conforman alternan con niveles calcáreos blanquecinos (Fotografía 13) desarrollados durante episodios palustres y lacustres, más frecuentes y extensos hacia el Norte de la sierra.



Fotografías 14. Unidad Detrítica Superior (Oligoceno superior) en las proximidades de La Puerta.

La fisonomía del relieve actual comienza a esbozarse durante el Oligoceno como consecuencia de la Fase Castellana o Fase Altomira (Calvo *et al.*, 1991), de forma que la Depresión Intermedia queda ya delimitada por la elevación de la Sierra de Altomira y la Serranía de Cuenca. Ésta constituiría la fuente de los abanicos aluviales que llegarían a la zona desde el Sureste y cuyos depósitos integran la Unidad Detrítica Superior (Díaz Molina, 1974) o Unidad Paleógena-Neógena (Díaz de Neira *et al.*, 1999), constituido por una importante y representativa alternancia de areniscas y lutitas ocre y rojas (Fotografías 14 y 15). La cuenca también quedaría compartimentada por la elevación del umbral de Córcoles-Pareja-La Puerta, al Este del cual se desarrollarían ambientes restringidos, poco energéticos y de tipo palustre-lacustre.

Este dispositivo paleogeográfico se mantendría hasta comienzos del Mioceno, cuando con el desencadenamiento de la Fase Neocastellana o Fase Guadarrama (Calvo *et al.*, 1991) se produce el emplazamiento prácticamente definitivo de los cabalgamientos de Altomira y como consecuencia una nueva reactivación de los relieves existentes y de los sistemas aluviales procedentes de la Serranía de Cuenca.



Desde un punto de vista estructural, el registro sedimentario paleógeno, está caracterizado por una serie de discontinuidades, aunque presenta una deformación solidaria con el sustrato mesozoico, de pliegues de dirección submeridiana y vergentes hacia el Oeste. Tan sólo los niveles superiores (Unidad Detrítica Superior) muestran un carácter claramente discordante sobre la sucesión infrayacente, menos acusado en cualquier caso, que el que se observa en la serie miocena supra-yacente. La acusada vergencia de las principales estructuras que se ponen de manifiesto, hace que tanto la Sierra de Altomira, como el anticlinal de Pareja (Fotografía 16), se resuelven geoméricamente mediante fallas inversas y/o cabalgamientos.

3. EVOLUCIÓN DE LA PROVINCIA DURANTE LOS TIEMPOS PALEÓGENOS

Durante el Terciario, el acercamiento de las placas Africana y Euroasiática, provocaron una deformación generalizada en lo que es hoy la Península Ibérica, denominada Iberia, plegándose y levantándose entre otros los márgenes de la actual Cuenca del Tajo, condicionando el área fuente junto con el clima, la composición y las características de los depósitos que rellenaron dicha cuenca.

A comienzos de la Era Cenozoica, durante el Paleógeno, las aguas del mar que habían comenzado a retirarse de la región a finales del Cretácico, lo hacían del todo para no volver nunca más a cubrirla. La causa de este retroceso del mar no fue tanto por un descenso del

nivel de los océanos, sino más bien por el levantamiento del sustrato fruto de las primeras etapas de la formación de la denominada Cadena Ibérica.

Los materiales paleógenos en su conjunto tienen un conector pre y sinorogénicos en relación con los movimientos alpinos. Durante los comienzos del Paleógeno los sedimentos depositados pueden ser considerados como preorogénicos. Posteriormente el levantamiento de las cadenas próximas circundantes (C. Ibérica y S. Central), conlleva un proceso de denudación y desmantelamiento de las áreas elevadas, generándose un importante acumulo de depósitos, teniendo estos sedimentos un marcado y claro carácter sinorogénico. La Figura 7 representa un esquema de correlación de las distintas unidades paleógenas aflorantes en las distintas zonas descritas.

Los depósitos finicretácicos y paleógenos, tras la retirada progresiva del mar, pueden considerarse como pretectónicos hasta el Eoceno medio, ya que es a partir de entonces cuando comienzan los movimientos y la deformación y empiezan a individualizarse las grandes cuencas. En concreto y por lo que afecta, el relleno sedimentario de la Cuenca del Tajo, esta presenta una fuerte asimetría, coincidiendo con la del propio basamento sobre el que se apoya, reconociéndose espesores de hasta 4.000 metros junto a los bordes del Sistema Central, mientras que en la parte centro-oriental de la cuenca, están sobre los 2.000 metros, según se desprende de las investigaciones llevadas a cabo en esas zonas (Racero, 1988; Querol, 1990).

La orogenia Alpina es la responsable de la estructuración principal de buena parte de los relieves de la pro-



Fotografía 16. Discordancias de Pareja. Sierra de Altomira. VS Fm Villalba de la Sierra. UDI Unidad Detrítica Inferior o Unidad Paleógena. UDS Unidad Detrítica Superior UN1 Primera Unidad Neógena.



vincia, al margen de las deformaciones variscas más antiguas, que afectaron a los materiales paleozoicos aflorantes en el Sistema Central a favor de los núcleos de las principales estructuras anticlinales y/o de las fallas importantes. Los efectos de dicha orogenia, comenzaron a manifestarse a principio de los tiempos terciarios y no como un evento único, sino que se llevo a cabo en varias etapas separadas en el tiempo, no afectando además por igual a todos los sectores, es decir los movimientos no fueron sincrónicos en todas las cadenas, existiendo una clara diacronía de la deformación entre los acaecidos en el Sistema Central y los de la Cordillera Ibérica o en la Sierra de Altomira.

Los primeros movimientos alpinos provocaron la retirada definitiva del mar, retirada que se pone de manifiesto por la presencia de depósitos supramareales con influencia de agua dulce, dando lugar a finales del Cretácico Superior, a las brechas del Pontón de la Oliva y de San Andrés del Congosto (Portero *et al.* 1990), creándose una serie de umbrales incipientes que separaban amplias cubetas a veces aisladas unas de otras. Durante el Paleoceno y hasta el Eoceno medio, se depositaron potentes niveles de evaporitas que tanto hacia el Norte como al Oeste, estaban interrelacionadas con sistemas deposicionales del tipo abanico aluvial, que incorporarían depósitos groseros procedentes de los relieves paleozoicos y mesozoicos del Sistema Central.

En el Eoceno medio y ya en el superior acontecen una serie de movimientos que dan lugar al levantamiento del Sistema Central por un lado y de la Cordillera Ibérica por otro, con la presencia de una zona subsidente, en lo que hoy día es el territorio alcarreño, es decir en los sectores septentrionales ocupados por las actuales Cuenca del Tajo y Depresión Intermedia. Esto conlleva a la instalación de ambientes sedimentarios de tipo abanico aluvial, playas continentales carbonatadas y una acumulación de sedimentos de cerca de 1000 m, bajo unas condiciones climáticas cada vez más áridas, que se mantuvieron durante todo el Oligoceno.

Los movimientos acaecidos a finales del Oligoceno (Fase Castellana) dan lugar a una importante deformación de los materiales depositados en sectores próximos al Sistema Central, concretamente, los localizados a lo largo del borde meridional de dicha cadena. Desde finales del Oligoceno y hasta comienzos del Mioceno, continua la actividad sedimentaria, con los mismos ambientes deposicionales y condiciones de aridez, puestos de manifiesto en el sector Sureste de la provincia, en la denominada Depresión Intermedia o Cuenca de Loranca.

En el intervalo Oligoceno–Mioceno inferior tiene lugar la denominada «Etapa Ibérica», responsable de la estructuración de la Cordillera Ibérica. A finales del Paleógeno, se individualiza la Cuenca de Madrid y de la

EDAD		BORDE MERIDIONAL SISTEMA CENTRAL			C. IBÉRICA BORDE SO.	SIERRA DE ALTOMIRA Y DEPRESIÓN INTERMEDIA			
		PORTERO Y OLIVE (1983)	ARRIBAS <i>et al.</i> (2004)	LÓPEZ OLMEDO <i>et al.</i> (2006)	MAGNA (1988, 2002)	DÍAZ MOLINA (1978)	HOJAS MAGNA (1991)	TORRES <i>et al.</i> , 2006.	
TERCIARIO PALEÓGENO	NEO	UNIDAD CONGLOMERATA DEL CERRO ALARILLA					PRIMERA UNIDAD NEOGENA		
	MIO INF.		UNIDAD DETRÍTICA	UNIDAD DETRÍTICA SUPERIOR	SERIE SINTECTÓNICA T ₃	UNIDAD DETRÍTICA SUPERIOR		UNIDAD PALEÓGENA	
		AGENIENSE					UNIDAD PALEÓGENA NEOGENA		
	OLIGOCENO SUPERIOR	ARVERNIENSE	UNIDAD MIXTA TERRIGENO-CARBONATADA DE BELEÑA DEL SORBE-TORREMOCHA DE JADRAQUE						
		SUEVIENSE	UNIDAD CARBONATADA	UNIDAD DE BELEÑA DEL SORBE	SERIE PRETECTÓNICA T ₁	UNIDAD DETRÍTICA INFERIOR	UNIDAD PALEÓGENA	SUBUNIDAD SUPERIOR	
		HEADONIENSE							
		RHEVANIENSE							
	EOCENO	INFERIOR	UNIDAD DE TORRELAGUNA-UCEDA	UNIDAD DE JADRAQUE-COGOLLUDO	UNIDAD DE UCEDA	FACIES GARUMNIENSE	UNIDAD BASAL	FORMACIÓN VILLALBA DE LA SIERRA	SUBUNIDAD INFERIOR
		MEDIO			UNIDAD DE GUADALIX DE LA SIERRA				
	PALEOCENO	INFERIOR			UNIDAD DE TORRELAGUNA				
INDUSTRIENSE		UNIDAD DE JADRAQUE-COGOLLUDO							
CRETÁCICO SUPERIOR									

Figura 7. Ensayo de correlación de las distintas unidades paleógenas aflorantes en los diferentes dominios geológicos en la provincia de Guadalajara.

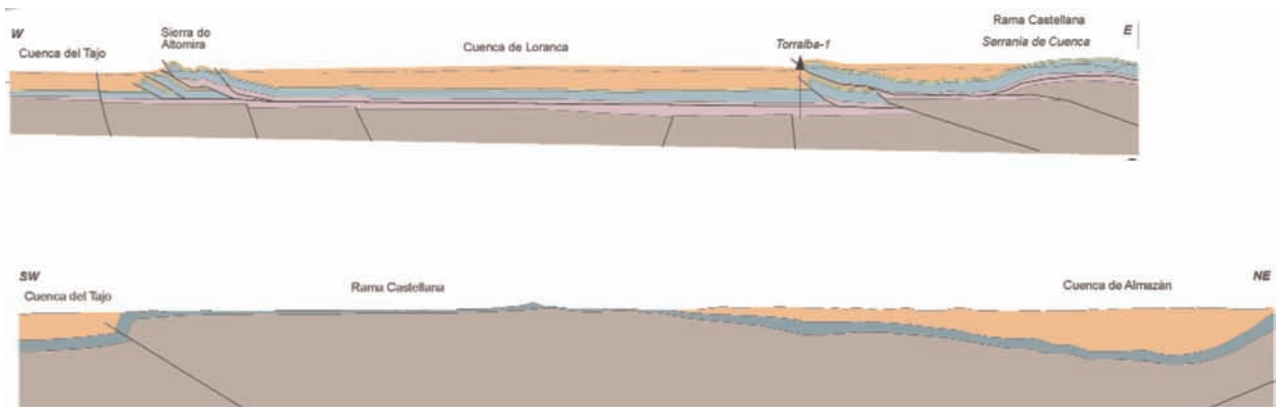


Figura 8. Cortes estructurales al Este y Norte de la provincia de Guadalajara según Sánchez Serrano 2004.

Depresión Intermedia, por el emplazamiento de la Sierra de Altomira, si bien por el Norte, en el sector de Cifuentes, existe conexión entre ambas. Durante el Oligoceno y el inicio del Mioceno inferior, se producen una serie de movimientos tectónicos, que se traduce en el establecimiento de varias discordancias que afectan a los depósitos paleógenos con la consiguiente entrada de nuevos materiales terrígenos de tipo aluvial. En la Depresión Intermedia esta deformación afecta a los depósitos de la Unidad Detrítica Superior (Díaz Molina, 1978), observándose una variación brusca en la litología por el cambio en la naturaleza del área fuente. Finalmente una serie de movimientos, atribuidos a la llamada Fase Altomira (Sánchez Serrano, 2004) terminan de configurar la Cuenca del Tajo a finales de los tiempos neógenos. La estructuración de la Rama Castellana de la Cordillera Ibérica, Sierra de Altomira y Depresión Intermedia o Cuenca de Loranca aparece representada en la Figura 8.

REFERENCIAS

Adell Argiles, F., Tena-Dávila, M. y Gonzalez Lodeiro, F., (1978): Mapa Geológico de España a escala 1:50.000, hoja nº 461 (Sigüenza). IGME, Madrid.
Adell Argiles, F., Lendinez Gonzalez, A., Martín Álvarez, F. y Tena-Dávila, M., (1979): Mapa Geológico de España a escala 1:50.000, hoja nº 513 (Zaorejas). IGME, Madrid.

Álvaro, M., Capote, R. y Vegas, R., (1979): Un modelo de evolución geotectónica para la Cadena Celtibérica. *Acta Geol. Hisp.*, 14, 172-177.
Alonso-Zarza, A. M., Calvo, J. P., Silva, P. G. y Torres, T., (2004): Cuenca del Tajo. En: *Geología de España* (J. A. Vera, Ed.). Sociedad Geológica de España-Instituto Geológico y Minero de España, 556-561.
Alonso-Zarza, A. M. y Calvo, J. P., (2002): Tajo Basin. En: *The Geology of Spain* (W. Gibbons & T. Moreno, Eds). The Geological Society, London, 315-320.
Arribas, M., (1986): Petrología y análisis secuencial de los carbonatos lacustres del Paleógeno del Sector N de la cuenca terciaria del Tajo. *Cuadernos de Geología Ibérica* 10, 295-234.
Arribas, M. E., Bustillo, A. y Tsige, M., (2004): Lacustrine chalky carbonates: origin, physical properties and diagenesis (Palaeogene of the Madrid Basin, Spain). *Sedimentary Geology* 166, 335-351.
Arribas, M. E., Díaz Molina, M., López Martínez, N. y Portero, J. M. (1983): El abanico aluvial paleógeno de Beleña de Sorbe (Cuenca del Tajo): facies, relaciones espaciales y evolución. En: *X Congreso Nacional de Sedimentología, Menorca, Comunicaciones*, 34-38.
Crusafont, M., Meléndez, B. y Truyols, J., (1960): El yacimiento de Huermeceles del Cerro (Guadalajara) y su significado cronoestratigráfico. *Estudios Geológicos* Vol. XVI, 243-254.
Capote, R., De Vicente, G. y Gonzalez Casado, M., (1990): Evolución de las deformaciones alpinas en el Sistema Central Español. *Geogaceta* nº 7, 20-22.



- De Vicente, G., Vegas, R., Muñoz Martín, A., González-Casado, J. M., Carbó, A., Alvarez, J., Cloetingh, S., Andriessen, P. y Elorza, F. J., (2004): El Sistema Central. En: *Geología de España* (J. A. Vera, Ed.). Sociedad Geológica de España-Instituto Geológico y Minero de España: 556-561.
- Díaz Molina, M., (1974): Síntesis estratigráfica preliminar de la serie terciaria de los alrededores de Carrasposa del Campo (Cuenca). *Estudios Geológicos* Vol. 35, 63-67.
- Díaz Molina, M., (1978): *Bioestratigrafía y paleogeografía del Terciario al Este de la Sierra de Altomira*. Tesis Doctoral. Dpto. de Paleontología de la Facultad de C. Geológicas. Universidad Complutense de Madrid. 370 pp. Inédita.
- Díaz de Neira, J. A., Cabra Gil, P., Portero García, J. M. y Del Olmo Zamora, P., (1999): Mapa Geológico de España a escala 1:50.000, hoja nº 562 (Sacedón). ITGE, Madrid.
- Fernández Giménez, E., García Cortes, A., Mansilla Izquierdo, H y Quintero Amador, I., (1989): Mapa Geológico de España a escala 1:50.000, hoja nº 512 (Cifuentes). IGME, Madrid.
- Gil, J., Carenas, B., Segura, M., García Hidalgo, J.F., García, A., (2004): Revisión y correlación de las unidades litoestratigráficas del Cretácico Superior en la región central y oriental de España. *Revista de la Sociedad Geológica de España*, 17 (3-4). 249-266
- Gómez Ortiz, D., (2001): *La estructura de la corteza en la zona central de la Península Ibérica*. Tesis Doctoral, Univ. Complutense de Madrid, 352 pp.
- Hernaiz Huerta, P. P., Cabra Gil, P., Sole Pont, F. J., Portero García, J. M. y Del Olmo Zamora, J., (1999): Mapa Geológico de España a escala 1:50.000, hoja nº 562 (Auñón). ITGE, Madrid.
- Lendinez González, A., Tena-Dávila, M y Bascones Alvirra, L., (1981): Mapa Geológico de España a escala 1:50.000, hoja nº 514 (Taravilla). IGME, Madrid.
- López Olmedo, F., Rubio Pascual, F, Martín Serrano, A. y Montes M., Nozal, F., (in press): Mapa Geológico de España a escala 1:200.000, hoja nº 38 (Segovia). IGME, Madrid.
- Muñoz Martín, A., (1997): *Evolución geodinámica del borde oriental de la cuenca del Tajo desde el Oligoceno hasta la actualidad*. Tesis Doctoral, Univ. Complutense de Madrid, 331 pp.
- Pérez-González, A., Portero, J. M., Aznar, J. M. y González Lodeiro, F., (1990): Mapa Geológico de España a escala 1:50.000, hoja nº 485 (Valdepeñas de la Sierra). ITGE, Madrid.
- Portero, J. M. y Aznar J. M., (1983): Mapa Geológico de España a escala 1:50.000, hoja nº 486 (Jadraque). ITGE, Madrid.
- Portero, J. M. y Olivé, A., (1984): El Terciario del borde meridional del Guadarrama y Somosierra. En: *Geología de España*, Libro Jubilar J. M. Ríos (J. A. Comba, Coord.), IGME, Madrid, 2, 527-543.
- Querol, R., (1989): *Geología del subsuelo de la Cuenca del Tajo*. Departamento de Ingeniería Geológica. E.T.S.I. Minas de Madrid. 48 pp.
- Racero, A., (1988): Exploración petrolífera en la Cuenca del Tajo. Contribución a su conocimiento. En: *VII Congreso Internacional de Minería y Metalurgia*, Oviedo, 7, 62-82.
- Rodríguez-Aranda, J. P., Muñoz Martín, A., Giner, J. L. y Cañaveras, J.C., (1995): Estructuras tectónicas en el basamento de la Cuenca de Madrid y su reflejo en la cobertera sedimentaria. *Geogaceta* 18, 19-22.
- Ríos Aragües, L. M., Baretino Fraile, D., Racero Baena, A y Galera Fernández, J. M., (2002): Mapa Geológico de España a escala 1:50.000, hoja nº 487 (Ledanca). IGME, Madrid.
- Sánchez Serrano, F., (2004): *Análisis de la Topografía y Deformaciones Recientes en el Centro de la Península Ibérica*. Tesis Doctoral. Dpto. de Geodinamica Externa de la Facultad de C. Geológicas. Universidad Complutense de Madrid. 210 pp Inédita.
- Torres, T., Ortiz, J. E. y Arribas, I., (2006): El anticlinal y las discordancias de Pareja (Guadalajara): definición de las unidades cenozoicas de la Depresión Intermedia (provs. Cuenca y Guadalajara, España). *Estudios Geológicos*, 62 (1), 89-102.