

INFORME TECTONICO DE LAS HOJAS
A ESCALA 1:50.000 DE BELORADO (201),
SANTO DOMINGO (202), NAJERA (203),
ANGUIANO (241) y MUNILLA (242).

Por Mariano Alvaro López.

COMPañIA GENERAL DE SONDEOS, S.A.
Noviembre 1988

I N D I C E

	<u>Página</u>
1.- <u>INTRODUCCION</u>	1
2.- <u>CONTEXTO REGIONAL Y DOMINIOS ESTRUCTURALES</u>	3
3.- <u>EL CICLO HERCINICO EN LA SIERRA DE LA DEMANDA</u>	7
3.1.- LOS MATERIALES	7
3.2.- LA ESTRUCTURA	8
3.3.- FASES DE DEFORMACION Y METAMORFISMO REGIONAL	10
4.- <u>EL CICLO ALPINO</u>	12
4.1.- EVOLUCION TECTONICA DURANTE EL MESOZOICO	12
4.1.1.- <u>Etapa aulacogénica</u>	12
4.1.2.- <u>La Distensión Cretácica</u>	14
4.2.- LA ESTRUCTURA ALPINA	16
4.2.1.- <u>El Dominio de la Sierra de Cantábria</u> ...	17
4.2.2.- <u>El Dominio de la Cordillera Ibérica</u>	19
4.2.3.- <u>El Dominio de la Cuenca del Ebro</u>	26
5.- <u>CONSIDERACIONES FINALES</u>	29
6.- <u>BIBLIOGRAFIA</u>	32

1.- INTRODUCCION

De acuerdo con el Pliego de Condiciones Técnicas del Proyecto de Trabajo Geológico a Escala 1:50.000 de las Hojas nº 201, 203, 241 y 242, adjudicado por el I.G.M.E. a la Compañía General de Sondeo en 1987, en este informe se presentan los resultados del Estudio Tectónico realizado en el territorio ocupado por dichas hojas; este estudio se ha llevado a cabo paralelamente al levantamiento de la Cartografía Geológica a escala 1:50.000 por el equipo de C.G.S.

La oferta de trabajo presentada por C.G.S. proponía además - la realización de varias mejoras al proyecto en el campo de la Geología - de Subsuelo. Específicamente se elaborarían, a partir de la información - disponible de Geofísica (sismica) y de sondeos profundos: 1) Un ensayo de mapa de isobatos o de isocronos de la base del Terciario continental, a - escala 1:200.000, con expresión de los accidentes del zócalo preterciario, del Sector de Santo Domingo-Nájera. 2) Corte Geológico-sísmico a través - de los sondeos Demanda 1, Rioja 1, Rioja 2, Rioja 4 y Rioja 5.

La aportación de los datos de subsuelo se ha incluido parcial mente en las hojas y memorias correspondientes, especialmente en las de - Nájera, Anguiano y Munilla. Los documentos completos se incluyen en este informe, dado que su mayor utilidad ha sido contribuir a interpretar la - estructura profunda de la región. El Mapa de isocronos de la base del Terciario se ha extendido a las hojas de Munilla y Logroño, y la correlación de los sondeos mencionados se ha sustituido por dos cortes geológicos per pendiculares a las estructuras entre las Sierras de Demanda, Cameros y - Cantabria, apoyados además en los sondeos Rioja 3 y Laño 1 y 2. En la hoja de Nájera se han correlacionado los sondeos Rioja 1, Rioja 2, Rioja 4 y Rioja 5, interpretando en profundidad dos U.T.S. definidas en superfi cie. Para la interpretación de la hoja de Munilla se tuvo además en cuenta los datos del pozo Arnedo-1.

Las cinco hojas que constituyen el bloque comprenden una re gión de la geografía española con características geológicas muy variadas.

Una parte importante está ocupada por la Cuenca de la Rioja, la extremidad occidental de la Cuenca del Ebro. Por el Sur está limitada por las Sierras de la Demanda y de Cameros, pertenecientes a la Cordillera Ibérica, mientras que en la parte NO de la hoja de Belorado hay un pequeño afloramiento que representa el sector meridional de la Cuenca Cantábrica.

En el Capítulo 2 de este informe se describe el contexto regional desde un punto de vista tectónico, estableciendo los diferentes dominios y unidades estructurales, y los ciclos orogénicos existentes.

El Capítulo 3 está dedicado al Ciclo Hercínico, representado por los materiales precámbricos y paleozoicos de la Sierra de la Demanda.

El Capítulo 4 es el más extenso. Después de describir e interpretar la evolución tectónica de la región durante el Mesozoico se analiza sucesivamente la estructura del borde de la Sierra de Cantabria, de la Cordillera Ibérica y, finalmente, de la Cuenca Terciaria del Ebro-Rioja, con especial hincapié en su estructura profunda.

Las consideraciones finales sobre la evolución general de la región, en el Capítulo 5, y la Bibliografía, completa este informe.

2.- CONTEXTO REGIONAL Y DOMINIOS ESTRUCTURALES

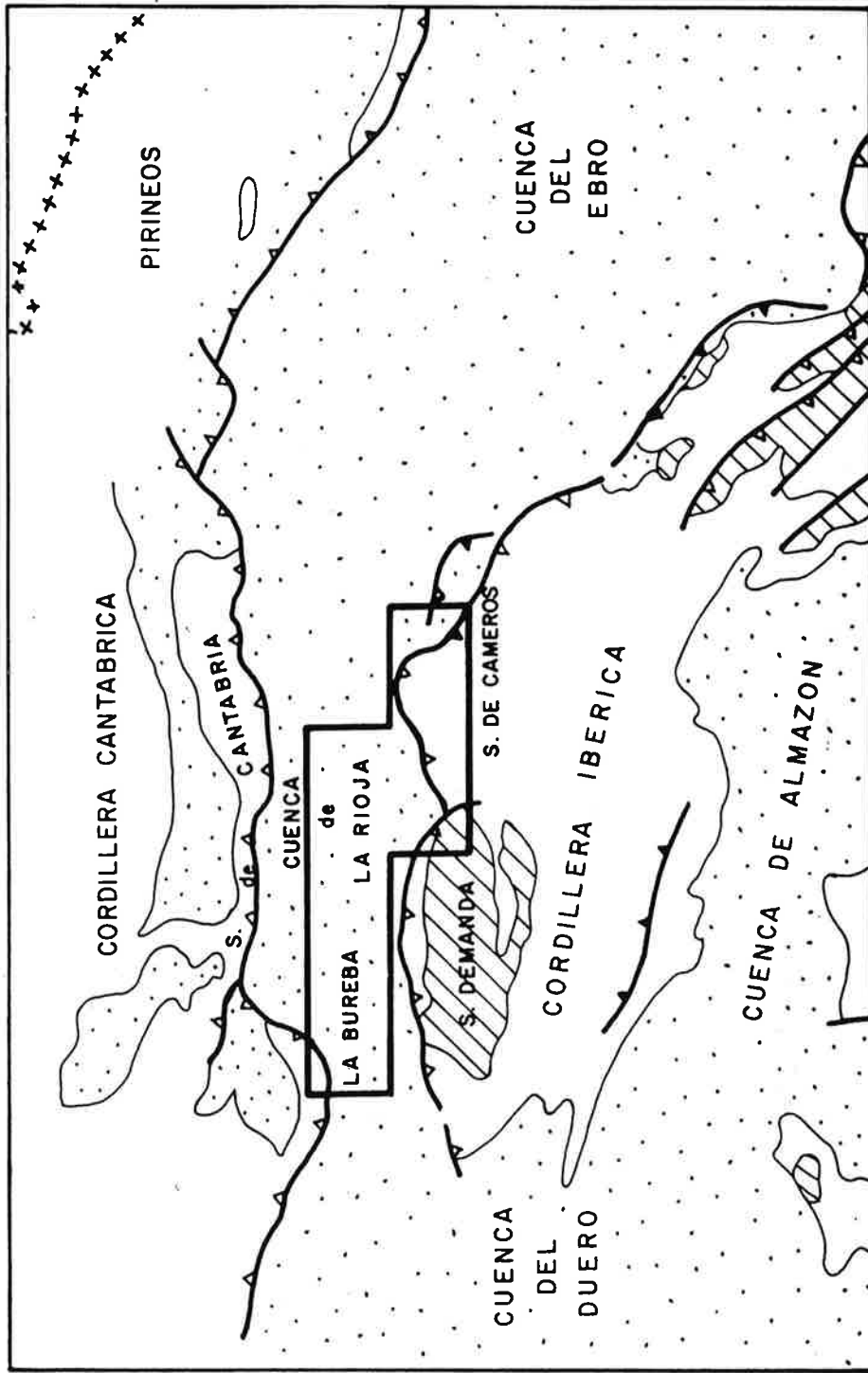
El bloque constituido por las cinco hojas 1:50.000 está situado en la extremidad noroccidental de la Cuenca Terciaria del Ebro (Fig. 1). En su territorio están representados, además, los bordes de las Cordilleras Ibérica y Cantábrica.

La Cuenca del Ebro es una fosa rellena de sedimentos continentales terciarios con espesores de hasta 4.000 metros en el sector riojano. El sustrato de los depósitos terciarios generalmente es el Mesozoico. Las unidades terciarias inferiores están suavemente plegadas, predominando la dirección ONO-ESE. La cuenca está flanqueada por dos importantes fajas de cabalgamientos, la de las Sierras de la Demanda y de Cameros, situada al Sur y cabalgante hacia el Norte, y de la Sierra de Cantabria, situada al Norte y cabalgante hacia el Sur. En las proximidades de ambos cabalgamientos los materiales terciarios pueden estar deformados más intensamente.

La Cordillera Ibérica es una cadena intracratónica de doble vergencia constituida por materiales mesozoicos y terciarios con un zócalo paleozoico, deformados durante la Orogenia Alpina. Su extremidad noroccidental constituye las Sierras de Demanda y Cameros, y consiste en un núcleo de materiales paleozoicos y una cobertera mesozoica, en la que destaca el gran espesor de los materiales del Cretácico inferior, estructurados mediante pliegues y cabalgamientos de rumbo NO-SE. a O-E. y vergencia hacia el Norte. Su borde septentrional es un cabalgamiento, mediante el cual la Cordillera Ibérica ha sido desplazada varios kilómetros hacia el Norte sobre el Terciario de la Cuenca del Ebro.

La Sierra de Cantabria es una franja de pliegues y cabalgamientos en materiales mesozoicos que corresponde a la parte más externa de la Cordillera Vasco Cantábrica. Hacia el Este se une con las sierras

FIGURA 1.- SITUACION DE LA ZONA ESTUDIADA.



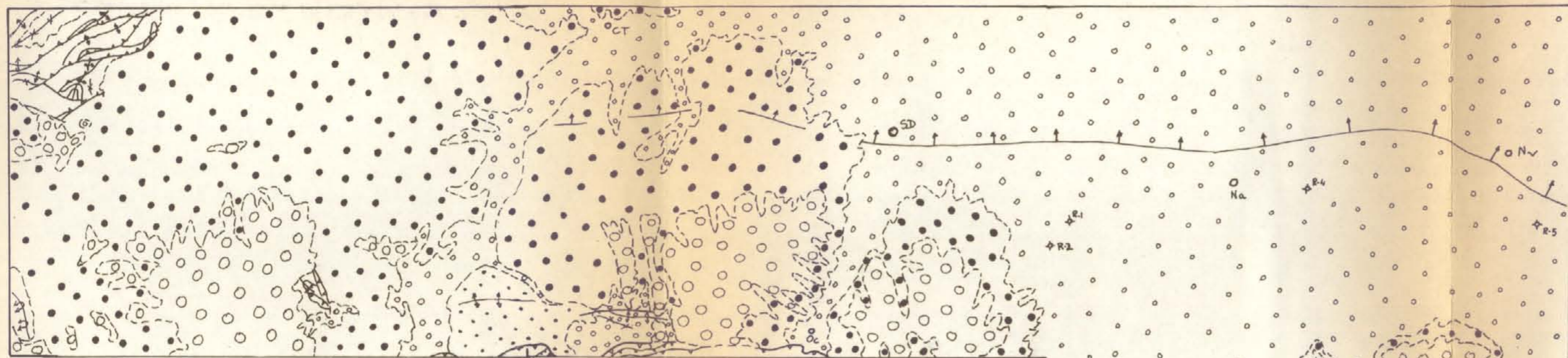
surpirenaicas. Es una unidad tectónica compleja, con pliegues y cabalgamientos de rumbo E-O en la Sierra de Cantábría y ONO-ESE en los Montes Obarenes. Su carácter alóctono ha sido puesto de manifiesto por los estudios de prospección de hidrocarburos, con recubrimientos del Terciario de la Cuenca del Ebro de hasta 15 kilómetros.

En la zona de La Bureba los materiales mesozóicos de la Sierra de Cantábría sufren una inflexión a lo largo de una banda NE-SO, parcialmente cubierta por depósitos terciarios, y giran posteriormente para recuperar el rumbo ONO-ESE, produciendo en conjunto un avance hacia el Sur del frente de la Cordillera.

En la Fig. 2 se muestra la distribución de las diferentes unidades en el conjunto del bloque estudiado. Los dominios estructurales considerados en este informe son:

1. Dominio de la Sierra de Cantábría, representada por la Franja plegada de Rojas - Santa Casilda. Aparece exclusivamente en la esquina NO de la hoja 20-10 (Belorado). Está constituida por materiales mesozóicos con pliegues y cabalgamientos de rumbo NE-SO. Se pone en contacto con la Cuenca del Ebro mediante un cabalgamiento parcialmente fosilizado por depósitos terciarios.

2. Dominio de la Cuenca del Ebro, ocupa la casi totalidad de las hojas 20-10 (Belorado), 21-10 (Santo Domingo de la Calzada) y 22-10 (Nájera), así como la parte septentrional y oriental, respectivamente, de las hojas 22-11 (Anguiano) y 23-11 (Munilla). Está constituido por depósitos terciarios en general poco o nada deformados. El sector occidental, conocido tradicionalmente como Cubeta de la Bureba, contiene los depósitos terciarios más jóvenes, mientras que hacia el Este, en la Cubeta de La Rioja, aparecen las unidades terciarias más antiguas en los alrededores de la Cordillera Ibérica.



LEYENDA

TERCIARIO SIN-POSTOROGENICO			
	UTS 5		JURASICO
	UTS 4		KEUPER
	UTS 3		BUNTSANDSTEIN
	UTS 2	PALEOZOICO	
	UTS 1		ORDOVICICO
MESOZOICO			CAMBRICO
	CRETACICO SUPERIOR		PRECAMBRICO
	ALBIENSE (F. UTRILLAS)		FALLA
	WEALD. CICLO IV		CABALGAMIENTO
	WEALD. CICLO III		SINCLINAL ALPINO
	WEALD-PURBECK. CICLO II		SINCLINAL HERCINICO
	PURBECK-WEALD. CICLO I		ANTICLINAL ALPINO
			ANTICLINAL HERCINICO
			FOLIACION
			CONTACTO ENTRE FORMACIONES
			SONDEO PETROLEO

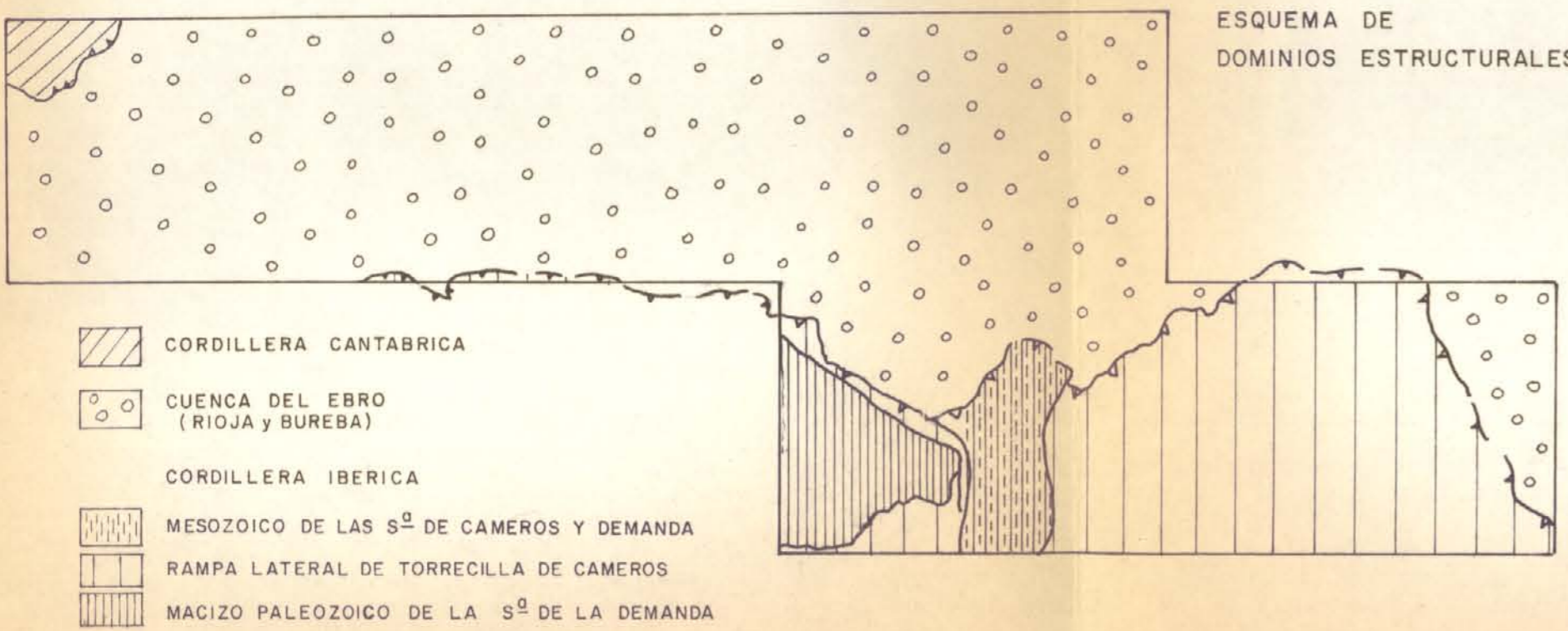


FIG.- 2 ESQUEMA ESTRUCTURAL

3. El Dominio de la Cordillera Ibérica, se extiende de Este a Oeste a lo largo de todo el borde meridional de la Cuenca del Ebro.

En la hoja 20-10 (Belorado) aparece en dos pequeños afloramientos bajo los depósitos terciarios, mientras que en las de Santo Domingo (21-10), Anguiano (22-11) y Munilla (23-11) su límite con la Cuenca del Ebro discurre con un trazado zigzagueante y consiste en un cabalgamiento vergente hacia el Norte, que localmente está fosilizado por los depósitos terciarios postorogénicos.

Dentro de este dominio se diferencian tres unidades estructurales: el Macizo o Unidad de Demanda, formado por un núcleo de materiales precámbricos y paleozóicos que afloran exclusivamente en la hoja de Anguiano (22-11); la Unidad de Cameros, constituida por materiales mesozóicos y especialmente cretácicos con estructura de pliegues y cabalgamientos, y la Unidad de Torrecilla, que constituye la zona de enlace entre las dos primeras.

En la configuración tectónica de las diferentes unidades estructurales ha ejercido una notable influencia, especialmente en la estructura alpina, la naturaleza y espesor de la pila sedimentaria.

Los materiales precámbricos y paleozoicos de la Sierra de la Demanda se han comportado durante el ciclo alpino como un zócalo rígido - que se ha deformado fundamentalmente por fracturación. La deformación hercínica previa se realizó principalmente mediante plegamiento concéntrico y aplastamiento, con formación de pliegues de todas las escalas y esquistosidad en los niveles pelíticos.

Los conglomerados y areniscas del Triásico inferior se han deformado de manera solidaria en el zócalo, constituyendo su tegumento.

El Triásico superior, arcilloso y evaporítico, constituye el nivel de despeque regional, a través del cual la cobertera se ha desolidarizado del tegumento y el zócalo, deslizándose y deformándose de manera independiente.

La cobertera jurásica y cretácica se ha deformado esencialmente mediante cizallamiento y plegamiento. Sus estructuras, asimismo, - han estado fuertemente condicionadas por la composición litológica y el - espesor de los materiales. Finalmente los materiales terciarios han sido muy poco deformados, presentando exclusivamente deformaciones locales en la proximidad del cabalgamiento septentrional de la Cordillera Ibérica o estructuras de acomodación a las del sustrato mesozoico.

Desde el punto de vista de la evolución crónológica de la es tructura tectónica hay que distinguir dos grandes ciclos: el Hercínico, - que comprende hasta finales del Paleozoico, y que afecta a los materiales del zócalo, y el Alpino, que abarca el Mesozoico y el Terciario.

3.- EL CICLO HERCINICO EN LA SIERRA DE LA DEMANDA

Aunque el afloramiento paleozoico de la Sierra de la Demanda aparece desconectado del resto del Macizo Hespérico sus características - estratigráficas y estructurales permiten relacionarlo con la Zona Asturoc_ocidental-Leonesa (Precámbrico arenoso-pelítico, serie Cámbrica potente y completa con niveles carbonatados en su parte media, series clásticas de transición al Ordovícico, bajo grado metamórfico, deformación polifásica, etc.).

Aunque ha sido estudiado por varios autores (SCHRIEL, 1930; AITKEN, 1942; LOTZE, 1929, 1959; NAVARRO et al., 1960) es COLCHEN, 1974, el que, en su Tesis Doctoral, ha realizado el estudio más completo y profundo de esta región.

3.1.- LOS MATERIALES

Los materiales más antiguos del Macizo de la Demanda son la alternancia arenoso pelítica que aflora al Sur de Anguiano, atribuida al Precámbrico por su posición y por correlación con las "Capas del Narcea" y las "Capas de Paracuellos". Esta formación no presenta ninguna estructura tectónica que pueda interpretarse como pre-cámbrica. Sobre la existencia o no de una discordancia Cámbrico-Precámbrico no es posible pronunciarse, ya que en todos los puntos en que este contacto es visible tiene un claro carácter tectónico, apareciendo cizallado por efecto de la diferencia de competencia entre los niveles pizarrosos y los conglomerados cuar-cíticos de la base del Cámbrico.

El Paleozoico inferior está representado por una potente sucesión (más de 3.000 metros) de clásticos con niveles de carbonatos en el Cámbrico medio, depositado en un ambiente de plataforma marina somera muy subsidente. Sus características invocan un contexto geodinámico de cuenca extensional, posiblemente un margen pasivo. El estudio geoquímico de los

materiales volcánicos intercalados esporádicamente en la serie paleozóica fuera de la hoja de Anguiano (COLCHEN, 1974) podrían aportar datos en este sentido.

No hay registro sedimentario, posiblemente omitido por erosión, entre Ordovícico inferior y el Carbonífero. Los afloramientos Westfalienses, situado en las hojas 1:50.000 situadas al Oeste de la de Anguiano, corresponden a depósitos molásicos discordantes sobre los materiales del Paleozoico inferior deformados.

La constitución litológica, con notables espesores de alternancias de pizarras y cuarcitas, ha condicionado el estilo de las estructuras hercínicas. La deformación se ha realizado principalmente mediante plegamiento concéntrico y aplastamiento, originando pliegues isopacos más o menos aplastados, con esquistosidad de plano axial en los niveles pelíticos. Los tramos calcáreos y pizarrosos del Cámbrico medio han constituido un nivel de despegue que en sectores más occidentales da lugar a imbricaciones mediante fallas inversas tendidas.

3.2.- LA ESTRUCTURA

La macroestructura del sector oriental de La Demanda es sencilla. Consiste en varios pliegues de desarrollo kilométrico y dirección Este-Oeste. Estos pliegues se prolongan hacia el Oeste, fuera de la Hoja, recorriendo la mayor parte del Macizo Paleozóico, al tiempo que aumenta el grado de deformación y el estilo, acusándose la vergencia hacia el Norte (COLCHEN, 1974).

En la hoja de Anguiano (22-11) estos pliegues quedan fosilizados por el Trias inferior que orla al Macizo y se estrellan contra la falla de Anguiano. Fig. 3 y 4.

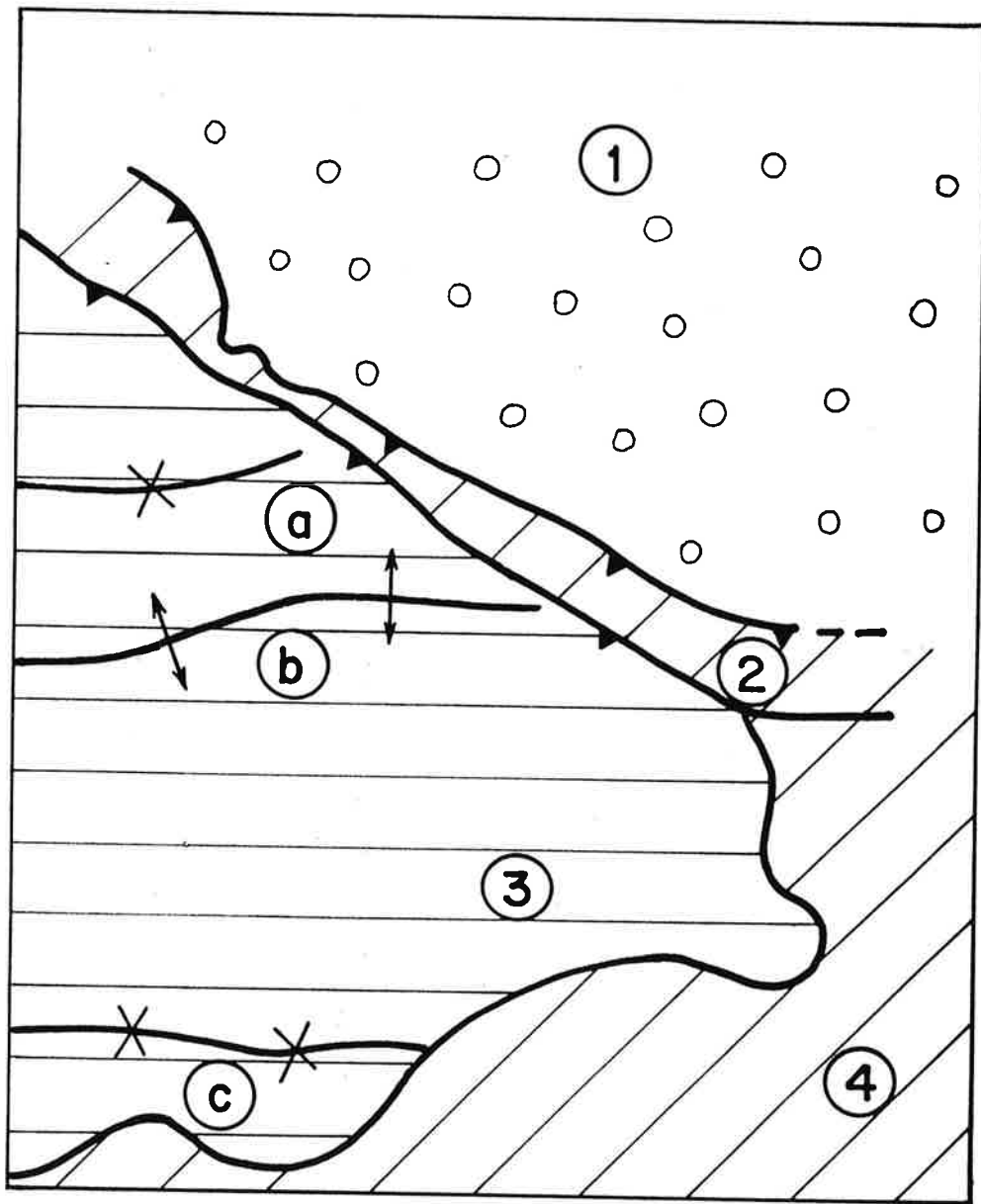


FIGURA 3.- ESQUEMA ESTRUCTURAL DEL NUCLEO HERCINICO DE LA HOJA DE ANGUIANO (22-11).

1.- Cuenca del Ebro; 2.- Frente cabalgante de la Cordillera Ibérica; 3.- Macizo paleozoico de La Demanda; 4.- Mesozóico de la Cordillera Ibérica.

a: Sinforma de Valdeloshaces; b: Anticlinal de Anguiano; c: Sinclinal de Brieva.

La estructura más meridional es el Sinclinal de Prieva (Sinclinal del Najerilla de COLCHEN). Es una estructura muy sencilla, con rumbo E-O y ligera vergencia hacia el Norte. Los repliegues secundarios son escasos y amplios, y los niveles ordovicicos ocupan su núcleo. Algunos niveles pelíticos muestran una pizarrosidad de plano axial de pliegues menores, que en el núcleo muestra una disposición en abanico. Hacia el Norte la vergencia en este sentido se muestra más claramente, aunque la esquistosidad siempre se mantiene en posición erguida (70° - 80°). No se han observado estructuras atribuibles a más de una fase de deformación, únicamente mesoestructuras asociadas como boudines y cuñas tectónicas en charnelas.

La siguiente estructura es el Anticlinal de Anguiano (A. de Anguiano - San Millán de COLCHEN), que mantiene el mismo rumbo aunque -acentúa su vergencia hacia el Norte, con un flanco septentrional más inclinado que el meridional y la esquistosidad buzando 40° - 50° hacia el Sur. El núcleo del anticlinal lo ocupan los Esquistos de Anguiano y los conglomerados de base del Cámbrico, con un contacto mecanizado. Las alternancias cámbricas presentan localmente pliegues menores claramente vergentes hacia el Norte.

En los niveles pelíticos precámbricos se desarrolla una esquistosidad oblicua a la estratificación, de dirección N 80° y buzamiento 20° a 40° hacia el Sur, que está afectada por pliegues angulares con una esquistosidad de fractura de plano axial que puede evolucionar a cizallamientos inversos hacia el Norte. El rumbo de estos pliegues y esquistosidades varia entre N 60° y E-W, con planos axiales erguidos (50° - 80°) buzando hacia el Sur. Fig. 5.

Al norte del anticlinal de Anguiano aparece un pliegue sinclinal muy suave, el Sinclinal de Valdeloshaces, definido por buzamientos bajos, en ambos flancos y afectando a los niveles carbonatados del Cámbrico medio. Posiblemente se trata de un pliegue tardío ya que cuando se pueden observar pliegues menores éstos muestran una acusada vergencia hacia el Norte, en contraste con la geometría de la macroestructura.

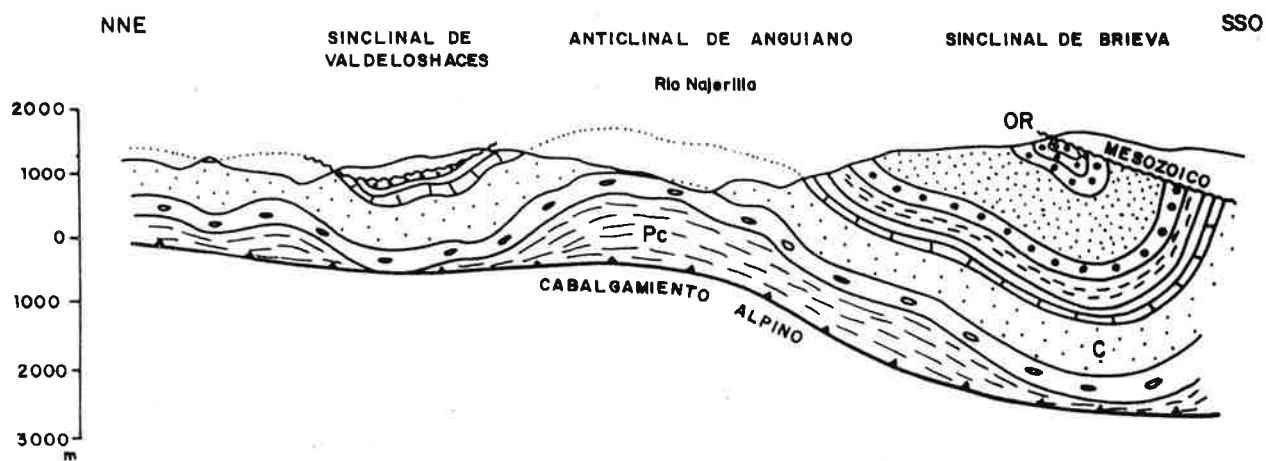


FIGURA 4.- Principales estructuras de plegamiento en el Paleozóico de Anguiano.

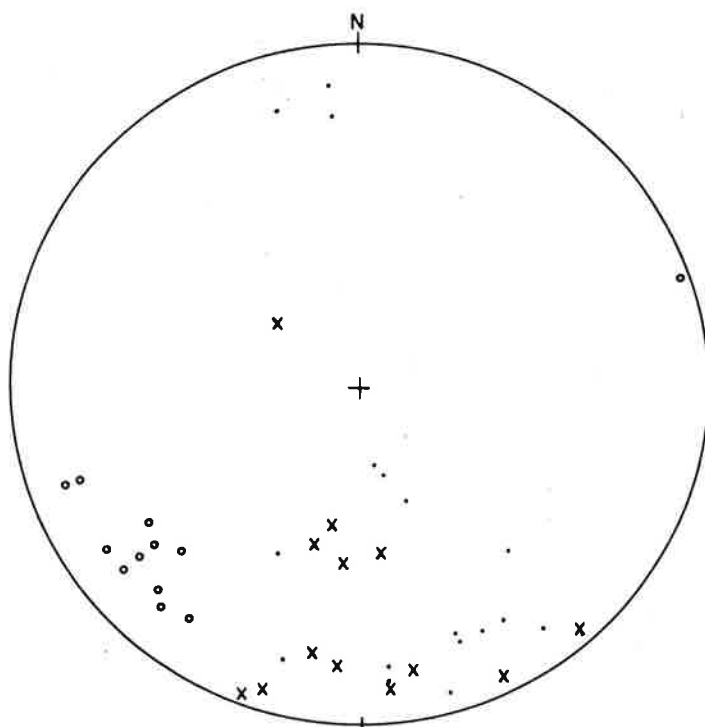


FIGURA 5 - Microestructuras en los materiales Paleozóicos Puntos: S_1 ; Cruces: S_2 ; Círculos: B_2 .

Completan el cuadro estructural de este sector del Macizo diversas fallas que se agrupan en familias de rumbo NO-SE, NNO-SSE y ENE-OSO. Son de recorrido kilométrico, con desplazamiento lateral y vertical. Cortan a las estructuras de plegamiento hercínicas y a veces afectan a los materiales mesozoicos. Los de rumbo ENE-OSO pueden estar intruidas por diques de cuarzo. La mayor parte de ellas deben corresponder a fracturas tardihercínicas, reactivadas posteriormente en el ciclo alpino.

3.3.- FASES DE DEFORMACION Y METAMORFISMO REGIONAL.

Los materiales paleozoicos precámbricos de la Hoja de Anguía no sólo muestran aspectos parciales de la deformación hercínica que no son suficientes para establecerla completamente con precisión. COLCHEN (1974) estudiando la totalidad de la Sierra de la Demanda ha establecido que la estructura hercínica se desarrolló en tres fases de deformación.

- La primera fase afecta a todo el Macizo, originando la macroestructura visible, pliegues de rumbo N 20° - N 115° con inmersión variable, que llevan asociada una esquistosidad de fractura S₁ que pasa a ser de flujo hacia el Oeste, hacia donde aumenta el metamorfismo y se acusa la vergencia, con estructuras más inclinadas.

- La segunda fase sólo se manifiesta localmente, produciendo el rejuego de las estructuras de primera fase, una esquistosidad grosca S₂ que deforma a S₁, y el desarrollo de superficies de cabalgamiento decamétricas a kilométricas subparalelas a los planos axiales de los pliegues.

- La tercera fase también tiene un desarrollo local, con pliegues angulares erguidos de rumbo N 110° y N 145°, a los que se asocia una esquistosidad de crenulación que deforma a las esquistosidades previas. Asimismo en algunos sectores aparecen kink-bands tardíos en relación con grandes fallas.

El metamorfismo regional es de bajo grado, no pasando de la zona de la biotita donde alcanza su máxima intensidad. La recristalización metamórfica tuvo lugar durante el final de la primera fase y en la interface 1-2 (COLCHEN, 1974). Posteriormente, durante la tercera fase de deformación se produjo una segunda etapa de metamorfismo con formación de sericita y clorita a favor de S_3 , de carácter retrógado.

La edad de la deformación hercínica no puede fijarse con precisión por falta de argumentos estratigráficos. Las tres fases son anteriores al Westfaliense B estudiado por COLCHEN en el sector occidental de la Sierra.

4.- EL CICLO ALPINO

El Ciclo Alpino, que se extiende desde el comienzo del Mesozoico hasta la actualidad, comprende dos periodos de tiempo durante los cuales el ambiente geodinámico se caracteriza por unas condiciones muy diferentes: el periodo preorogénico y el periodo de tectogénesis.

4.1.- EVOLUCION TECTONICA DURANTE EL MESOZOICO.

El periodo preorogénico abarca un lapso de tiempo dilatado (unos 180 millones de años), desde el comienzo del Mesozoico hasta finales del Cretácico, durante el cual la Placa Ibérica estuvo sometida a un régimen de tectónica extensional con creación de cuencas sedimentarias. Este ambiente tectónico condujo a la formación de márgenes continentales en la periferia de Iberia, como las Béticas, Pirineos y Vascocantábrica, y también se manifestó de manera notable en el interior de la placa, en el ámbito de la actual Cordillera Celtibérica.

La historia preorogénica del territorio ocupado por el bloque de hojas objeto de este informe ha de referirse principalmente a dicha cordillera, ya que la Cantábrica está muy escasamente representada. En cualquier caso los principales eventos geodinámicos de carácter regional son comunes a toda la región.

La evolución mesozoica de la Cordillera Ibérica se divide en dos etapas:

4.1.1.- Etapa aulacogénica.

El modelo de tipo aulacógeno para la evolución de la Cordillera Ibérica definido inicialmente por ALVARO et al (1979), es aplicable al menos para el ciclo Triásico-Jurásico superior (ALVARO, 1988). La evolución del aulacógeno muestra tres etapas:

1.- Etapa de graben, que corresponde al Triásico inferior y medio, caracterizada por una tectónica de bloques que controla la formación de altos y fosas que se rellenan de clásticos y carbonatos en ambiente continental y marino somero. Su configuración está controlada por la trama de fallas tardihercínicas del zócalo paleozoico. La zona de la Sierra de la Demanda correspondería a una zona de alto relativo.

2.- Etapa de transición, de un mecanismo de subsidencia tectónica a otro de subsidencia por contracción termal de la litosfera. Tiene lugar durante el Trias superior, con deposición de series rojas y evaporitas. El estiramiento cortical permite efusiones de tipo fisural de basaltos alcalinos caracterizados como típicos de un ambiente de rifting intraplaca (LAGO et al 1988) a finales del Triásico.

3.- Etapa de flexura, comprende el Jurásico inferior y medio. Durante el Jurásico superior se perturba esta evolución. La subsidencia térmica controla esta etapa, instalándose en la región una extensa plataforma carbonatada con subsidencia decreciente y controlada por las variaciones eustáticas. La tendencia general somerizante de las secuencias del Dogger probablemente son el reflejo de la ralentización de la subsidencia térmica. Durante el Malm tiene lugar una reactivación de las condiciones de tectónica extensional, que produce episodios alternativos de aceleración - ralentización de la subsidencia premonitorias de los acontecimientos eocretácicos. Localmente se produce elevación de bloques que se manifiesta en la entrada de terrígenos en la plataforma carbonatada y el emplazamiento de olistolitos en la ritmita del Malm.

Para poder analizar de una manera más precisa la subsidencia en este sector de la Cordillera Ibérica se han elaborado las curvas de subsidencia que se presentan en la figura 1. No se han descompactado los sedimentos ni se ha tenido en cuenta el enstatismo, por lo que el resultado refleja la realidad de una manera aproximada. Los espesores y edades son valores medios deducidos del estudio de las series mesozoicas en las hojas de Anguiano y Munilla.

La curva de trazo continuo expresa la trayectoria de la base del Triásico, esto es, la subsidencia total. La línea discontinua corresponde a la subsidencia tectonotérmica, una vez descontado el hundimiento inducido por la carga de los sedimentos. Para el periodo aulacogénico la subsidencia tectonotérmica es moderada, con una primera parte de mayor pendiente (rifting) y en el Triásico inferior, y una ralentización durante el Jurásico inferior y medio. La subsidencia tectonotérmica total fué del orden de 200-300 metros, y por lo tanto la tasa de estiramiento cortical fué muy pequeña.

4.1.2.- La Distensión Cretácica.

A partir del Jurásico superior hay una importante reactivación de la tectónica extensional que está relacionada con la apertura del Golfo de Vizcaya y la deriva antihoraria de la Placa Ibérica. Este proceso geodinámico también tiene dos etapas, una de rifting y otra subsiguiente de subsidencia termal. La primera se manifestó como una tectónica de bloques que por un lado produjo la emersión de grandes áreas de plataforma marina de la Península Ibérica, al mismo tiempo que se creaban cuencas locales muy subsidentes controladas por la actuación de fracturas tardihercínicas con componente de desgarre que determinaban la ubicación y desarrollo de cuencas de tipo pull-apart, como son las cuencas de Cameros y del Maestrazgo con la Cordillera Ibérica.

La mayor parte de la hoja de Munilla y el sector SE de la hoja de Anguiano corresponden al borde septentrional de la cuenca eocretácica de Cameros. Esta cuenca ha sido interpretada por GUIRAUD y SEGURET (1985), como una cuenca pull-apart aislada, cuya génesis y evolución ha estado controlada por dos fallas de desgarre dextrales del zócalo de rumbo NE-SO, que originaron la apertura y hundimiento de una fosa romboidal mediante fallas normales de dirección NO-SE a E-O.

Este proceso tuvo lugar durante el Jurásico superior y el Cretácico inferior, aunque la máxima subsidencia y acumulación de sedimentos en este sector corresponde a los ciclos del Cretácico inferior. El análisis de la subsidencia de las series wealdenses muestra dos subciclos en que el proceso de rifting experimenta una fuerte reactivación (Valanginiense y Barremiense, en líneas generales, correspondiendo a los grupos Urbión y Oliván), aunque el análisis global de la cuenca por los autores citados señala una progresiva migración hacia el Norte de los depocentros y dispositivos sedimentarios, en los que se acumulaban potentes series de terrígenos. Los depósitos del Cretácico inferior de la hoja estudiada muestran palpables evidencias de haberse sedimentado en un contexto de tectónica extensional activa, con acuñamientos, cambios de facies y espesores, discordancias internas y abanicos de capas, deslizamientos y pliegues de slumping, etc. Las microestructuras medidas en los materiales cretácicos situados al Oeste de Arnedillo indican un campo de esfuerzos con extensión en dirección NE-SO, coherente con el determinado regionalmente por GIRAUD y SEURET (1985). Fig. 6 y 7.

En la figura 5 se muestra gráficamente la evolución de los pautas de subsidencia durante esta época. A partir del Calloviense - Oxfordiense la subsidencia experimenta una reactivación, abandonando la pauta de desaceleración que caracteriza al periodo anterior. Durante la mayor parte del Cretácico inferior la aceleración de la subsidencia, que tiene lugar en los dos subciclos mencionados anteriormente, refleja una etapa de rifting intracontinental. A partir de Aptiense - Albiense tiene lugar una desaceleración progresiva, como resultado del paso a un mecanismo de subsidencia por contracción térmica debido al enfriamiento de la litosfera.

Estas condiciones se mantienen durante el Cretácico superior, instalándose en la región una extensa plataforma carbonatada.

El mejor encaje de la envolvente de la curva de subsidencia tectono-térmica durante el Cretácico con los de un modelo de inyección de diques sugiere un adelgazamiento litosférico de al menos un 30%.

TRIÁSICO		JURAS. INF.			JURASICO MED.			JURAS. SUP.			CRETACICO INFERIOR			CRETACICO SUP.			PALEOC.									
I	MED.	SUPERIOR	H	S	P	T	A	B	B	C	O	K	P	B	V	H	B	Δ	Δ	C	T	C	S	C	M	

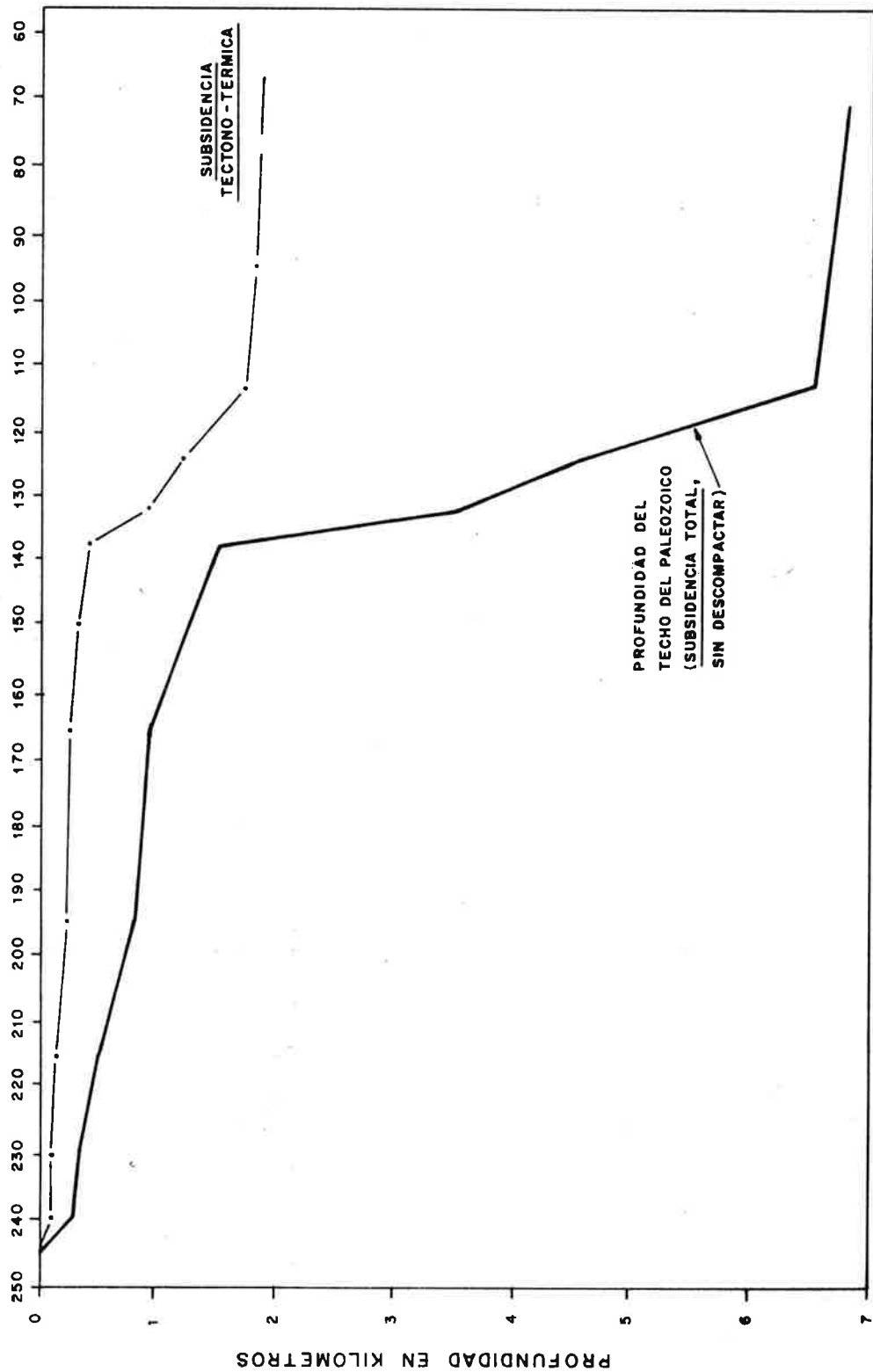


FIGURA 6.- CURVAS DE SUBSIDENCIA DEL MESOZOICO DE LA CUENCA DE CAMEROS.

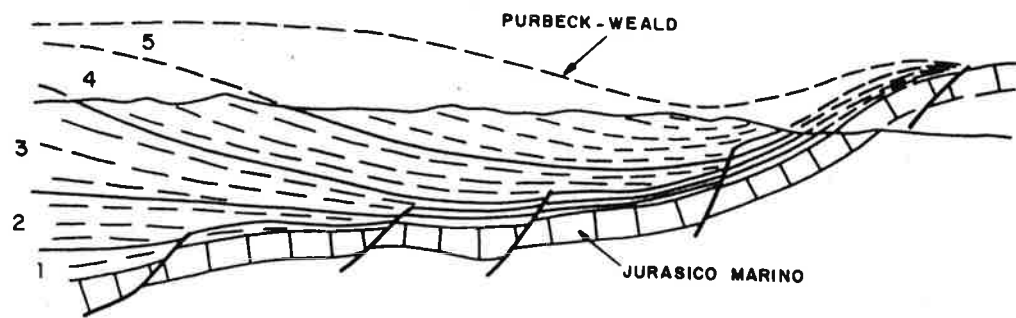


FIGURA 6 a- Esquema mostrando las relaciones deducidas entre los diferentes ciclos de la Cuenca de Cameros y su estructura interna.

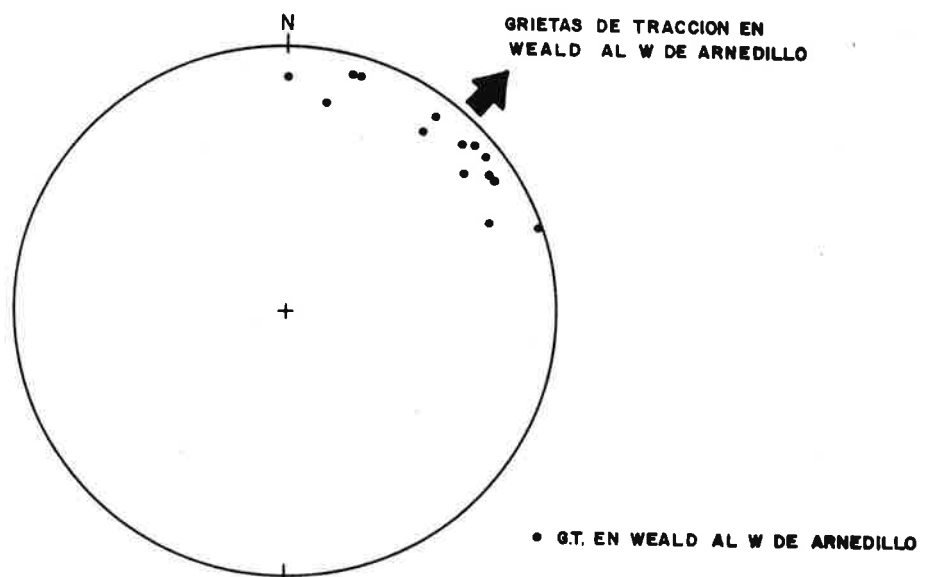


FIGURA 7 - Grietas de tracción medidas en el Weald situado al Oeste de Arnedillo. Son congruentes con una extensión en dirección NE-SO.

Este proceso se manifestó en la cobertura jurásico-triásica mediante fallas normales que enraizaban en el nivel plástico de Keuper, mientras que en el zócalo se producían fallas lístricas con fuerte buzamiento en la parte superior, de comportamiento rígido, que se tendían hacia abajo hasta enraizar en una zona de compartamiento ductil.

Estas condiciones produjeron un incremento notable del flujo calorífico en las partes donde la corteza estaba más adelgazada (depocentros), que junto con el enterramiento profundo de los sedimentos ha quedado registrado en ellos un metamorfismo estático que alcanza la zona del cloritoide ($T\ 420^{\circ}$, $P = 1-3\text{ kh}$, GIRAUD y SEGURET, 1985). En la figura 8 se muestra el diseño de las zonas metamórficas propuesto por estos autores en la hoja estudiada, aunque muy probablemente la extensión del metamorfismo es mayor, extendiéndose por todo el sector meridional de la Hoja de Munilla.

4.2.- LA ESTRUCTURA ALPINA.

A partir de finales del Cretácico tiene lugar la inversión tectónica de toda la región. Cesan las condiciones distensivas y comienza un régimen de tectónica compresiva que se mantiene hasta el Mioceno superior, provocando la emersión de toda la región y la deformación tanto del zócalo paleozóico como de la pila sedimentaria mesozoica.

La Cordillera Ibérica se estructura como una cadena de pliegues y cabalgamientos de doble vergencia, que en su borde septentrional cabalga sobre la Depresión del Ebro, su cuenca de antepais septentrional, que se rellena de terrígenos continentales procedentes de la denudación de los relieves orogénicos.

La Cordillera Cantábrica, prolongación occidental de los Pirineos se estructura también como una cadena de doble vergencia. Su sector meridional, conformado actualmente por la Sierra de Cantábrica y los Montes Abarenses, cabalga hacia el Sur sobre la Cuenca del Ebro, que queda configurada de este modo como una doble cuenca de antepais.

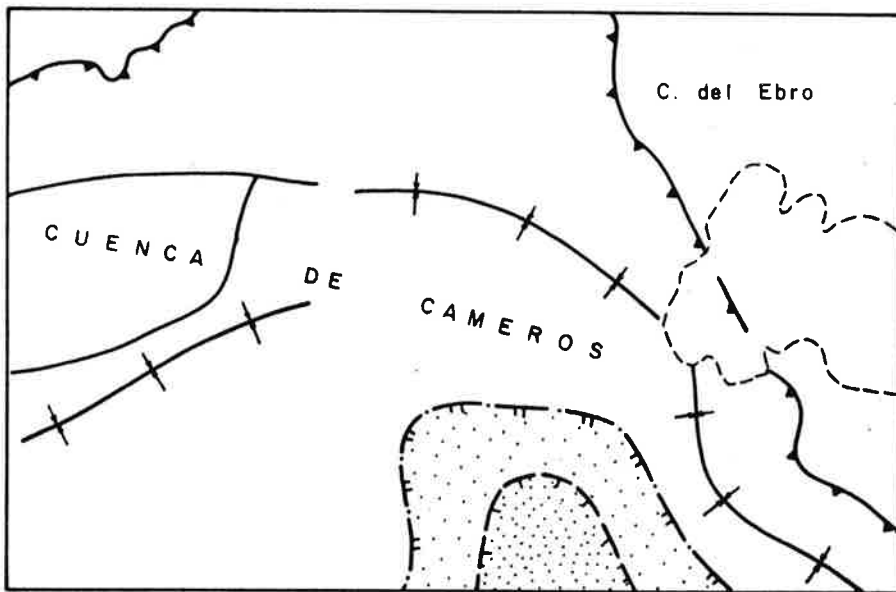


FIGURA 8.- Distribución del metamorfismo térmico Cretácico en la Hoja de Munilla, según GIRAUD y SEURET (1985). Punteado ligero: zona de Clorita-pirofilita. Punteado denso: zona de cloritoide.

Los dominios y unidades estructurales resultantes de la compresión alpina son los que conforman el contexto geológico actualmente observable, y han sido definidos y delimitados en el Capítulo 2 de este informe.

4.2.1.- El Dominio de la Sierra de Cantabria.

Este dominio está representado por la Franja plegada de Rojos - Santa Casilda, aflorante en la esquina NO de la hoja de Belorado - (20-10), aunque recibe su nombre de las localidades situadas más al Norte, en la hoja de Briviesca (20-9). La figura 9 muestra un esquema estructural de este dominio.

Está constituido por materiales mesozoicos con una estructura de pliegues y cabalgamientos de dirección NE-SO y vergencia hacia el SE.

En superficie la serie mesozoica comprende el Keuper, el Lias, la Facies de Utrillas y el Cretácico superior carbonatado. En los sondeos de Rojas la serie jurásica es más compleja, con un Dogger potente. El Rojas-2 atravesó, además, unos 1.500 metros de Keuper y el Buntsandstein, - finalizando en Paleozoico.

El dispositivo estructural de este dominio presenta los siguientes elementos de NO a SE:

- Un largo anticlinal que aflora a nivel del Cretácico superior, de rumbo NE-SO, con buzamiento suave en su culminación, que se acentúan localmente en el flanco SE. Queda recubierto en ambos flancos por depósitos miocenos, en el anticlinal de Rojas.

- Una cubeta sinclinal rellena de sedimentos miocenos, con un trazado cóncavo hacia el SE, la cubeta de San Pedro.

- Una franja de pliegues y cabalgamientos, que tiene rumbo N-S en la hoja de Briviesca y se incurva progresivamente en la de Belorado hacia dirección NO-SE y E-O, al tiempo que aumenta su anchura. Predominan las estructuras anticlinales y los cabalgamientos son hacia E y SE, involucrando al Lias inferior y al Keuper. No afloran los términos altos del Jurásico reconocidos en los sondeos. En Bueyo (Hoja de Briviesca) hay materiales atribuibles al Paléógeno o Mioceno inferior afectados por los cabalgamientos.

En el borde oriental los depósitos más altos del Mioceno generalmente descansan discordantes sobre el Mesozoico, fosilizando sus estructuras. No obstante en algunos puntos, y notablemente en Quintanavides, el Mesozoico cabalga al Mioceno mediante una lámina de Keuper. Este cabalgamiento afecta a los sedimentos terciarios hasta la cota 860, aproximadamente. Por encima el Mioceno no está cabalgado, aunque aparece deformado, con buzamientos de hasta 50° que disminuyen rápidamente hacia el SE buscando la horizontalidad.

Las características estructurales de este dominio permiten interpretar como un sistema de cabalgamientos vergentes hacia el antepais, la Cuenca terciaria del Ebro-Rioja. El anticlinal de Rojas puede corresponder bien a una zona de rampa del bloque cabalgado, bien a una duplicación del nivel de Facies Utrillas, según el cabalgamiento basal se encuentre en el Keuper o en la Facies Utrillas. La cubeta de San Pedro refleja una posición de relleno para el cabalgamiento basal, que finalmente adopta posición de rampa de muro en el flanco SE de la cubeta y es emergente en el borde de este dominio, cabalgando sobre los depósitos miocenos de la cuenca de antepais. La magnitud del recubrimiento es moderado, de unos centenares de metros sobre el Mioceno e inferior a 2 kilómetros sobre el Mesozoico. Los pliegues que aparecen en la hoja de Briviesca están asociadas a los cabalgamientos y corresponden a la acomodación de la cobertera deslizada a los escalones de los cabalgamientos.

En un marco regional más amplio es posible interpretar este dominio, que clásicamente se ha distinguido por la dirección "anómala" -

de sus estructuras, como una rampa lateral del frente surpirenaico, de manera que el frente del sistema de cabalgamientos de la Sierra de Cantabria se desplaza hacia el Sur a lo largo de la franja plegada de Rojas-Santa Casilda, para recuperar la orientación ONO-ESE al Norte de Burgos, donde pasa a cabalgar frontalmente al Terciario de la Cuenca del Duero. La dirección de las estructuras de la rampa lateral, NNE-SSO, indican la dirección de la dirección de movimiento regional del frente surpirenaico occidental.

4.2.2.- El Dominio de la Cordillera Ibérica.

Se extiende a lo largo del sector meridional de las hojas de Santo Domingo, Anguiano y Munilla.

En la hoja de Santo Domingo únicamente está representado por una estrecha banda de materiales mesozoicos que con orientación E-O se extiende unos 12 kilómetros a lo largo de su borde meridional. Fig. 2.

Está constituida por los niveles calcáreos margosos del Jurásico, despegados a nivel del Keuper, con una estructura imbricada de pliegues y cabalgamientos de rumbo E-O y vergencia hacia el Norte, donde cabalgan sobre los depósitos terciarios de la Cuenca del Ebro-Rioja.

El cabalgamiento frontal se extiende de manera continua desde el Oeste de Anguta hasta el Cerro de Santorcuator, al Norte de Ezcaray, buzando de 30° a 50° hacia el Sur. Los conglomerados terciarios aparecen levantados bajo el cabalgamiento, buzando unos 60° hacia el Norte.

En la transversal de Anguta el cabalgamiento parece paralelo a la estratificación del Jurásico, cortando con angulo alto a las capas terciarias, lo que corresponde a una situación de rampa de bloque cabalgado.

En el Cerro Santorcuator, sin embargo, la disposición del - Lias, formando un anticlinal con las capas del flanco Norte subverticales y cortadas por el cabalgamiento, parece indicar una situación de rampa en el bloque cabalgante.

Hacia el Sur del cabalgamiento se desarrolla una estructura imbricada con varios cabalgamientos y pliegues que buzan de 30° a 60° hacia el Sur que deben enraizar a nivel de un despegue general en el Keuper. Posiblemente los cabalgamientos originalmente tuvieron una posición más - tendida, y aparecen verticalizados por la progresión de las imbricaciones hacia el Norte y reapretamiento. Los despegues secundarios a favor de los niveles margosos jurásicos son frecuentes. Algunas fallas de desgarre de pequeño desarrollo, de rumbo NNO-SSE, completan el cuadro estructural, - corresponden a fallas de acomodación.

La envergadura del cabalgamiento frontal de la Sierra de la Demanda en esta transversal se ha puesto de manifiesto mediante el sondeo petrolero Demanda-1, situado en el Paleozoico al Sur de Puzungos, unos - 7 Kms. al ESE del Cerro Santorcuator (Hoja 21-11, Ezcaray). Después de - atravesar 300 metros de Paleozoico y 700 de Mesozoico cortó al cabalgamien to frontal sobre el Terciario, que en superficie aparece 1,5 kilómetros al Norte. El Mesozoico del bloque cabalgado se perforó a 4.000 metros de pro fundidad.

En las hojas de Anguiano y Munilla el Dominio de la Cordille ra Ibérica alcanza una extensión mayor. Dentro de él se pueden distinguir varias unidades estructurales. Fig. 2 :

1.- El frente de cabalgamiento sobre la cuenca del Ebro. Es una franja de pocos kilómetros de anchura y gran complejidad estructural, que recorre las hojas de Oeste a Este con un trazado zigzagueante median te segmentos de rumbo NE-SO y NO-SE.

En la zona occidental de la hoja de Anguiano tiene dirección NO-SE y consiste en una banda de materiales Mesozoicos de 0,5 a 2 Kms., -

que cabalga sobre el terciario, y a su vez es cabalgada por el Paleozóico de la Sierra de la Demanda. Al Oeste de Tobia, el Mesozoico cabalgante - consiste principalmente en Keuper y Lias inferior con una estructura interna de duplex. Al Sur de Tobía, el Cerro Peñalba pertenece al bloque superior del duplex, y muestra una espectacular estructura interna por cizallamiento frontal del bloque cabalgante. Más al SE, en la zona de Anguiano, los materiales mesozoicos cabalgan en posición invertida. La superficie de cabalgamiento frontal sobre el Terciario buza de manera variable - entre 20° y 60° , mientras que el cabalgamiento del Paleozoico, con algunas pinzaduras de Buntsandstein aparece verticalizado, buzando 60° - 80° hacia SO. En todo este segmento la geometría de cabalgamiento muestra una situación de rampa frontal del bloque cabalgado y rellano del bloque cabalgante. Los conglomerados terciarios están subhorizontales o buzando menos de 30° hacia el Norte, aunque pueden aparecer muy deformados en la - proximidad del cabalgamiento, con desarrollo local de esquistosidad de cizalla.

En la zona de Morro Gimeno y el vértice Muélagos, el cabalgamiento experimenta una rápida inflexión hacia el Este, adoptando un rumbo NE-SO. En este sector el cabalgamiento adopta una posición bastante tendida, buzando suavemente hacia el SE, y es paralelo a las capas de ambos - bloques (posición de relleno de techo y de muro). El bloque cabalgante está constituido por materiales Jurásicos. En el cabalgado la falla afecta a los depósitos de la unidad del Mioceno medio-superior, mientras que en segmento anterior afectaba a las unidades del Oligoceno y del Oligoceno - superior - Mioceno inferior.

Hacia el Norte el cabalgamiento es fosilizado por los depósitos posorogénicos de la unidad terciaria del Mioceno superior - Plioceno inferior, en la prolongación de la cuerda de Serradero. Aquí el cabalgamiento sufre una nueva inflexión, adoptando un trazado cartográfico SE-NO a medida que desciende hacia el río Iregua, en una situación de rampa de bloque cabalgado pues corta a las diversas unidades terciarias. A partir del Iregua, y hasta el borde oriental de la hoja de Anguiano recupera de nuevo la dirección NE-SO, ahora con un trazado muy festoneado.

En este tramo el cabalgamiento es muy tendido, con situación de rellano en ambos bloques. La parte inferior del bloque cabalgante es - un potente tramo de margas y yesos del Keuper, que aumenta de espesor hacia el Este y sustenta el resto de la serie Mesozoica. En el bloque cabalgado afloran las unidades oligocenas y Oligocena superior - Miocena inferior.

Hacia el Oeste, esta unidad frontal recorre el sector septentrional y oriental de la hoja de Munilla adoptando un diseño arqueado con la concavidad hacia el Sur.

En la zona NO de esta hoja tiene una dirección NE-SO y está constituida fundamentalmente por materiales triásicos y jurásicos que cabalgan al Terciario en posición muy tendida (rellano en ambos bloques). La disposición de las numerosas fallas que afectan al bloque cabalgante - sugiere una cierta componente de desgarre.

En la parte septentrional, entre Leza y Jubera el cabalgamiento frontal sale de la hoja, penetrando en la de Logroño.

En esta zona la parte inferior y frontal del bloque cabalgante está constituido por las margas y evaporitas del Keuper, sobre la que se disponen mediante un contacto mecánico de materiales del Cretácico inferior y localmente depósitos terciarios. Estos materiales presentan una estructura antiformal de rumbo E-O, muy manifiesta en la zona del Cerro - Picadero, al Sur de Lagunilla de Jubera. Este anticlinal es interpretable como un pliegue de acomodación del bloque superior a una rampa frontal en el bloque cabalgado. Los materiales jurásicos no se ven en la parte frontal pero sí en el núcleo puesto que ésta corresponde al flanco delantero de la culminación frontal. Estas estructuras reclaman la existencia de una pequeña rampa lateral o una estructura de acomodación (tear-fault) al Oeste del Río Leza.

En la zona oriental de la hoja, entre Jubera y Arnedillo, el cabalgamiento adopta rumbo NNO-SSE, y queda parcialmente enterrado en la parte central por los depósitos postorogénicos de Cabi Monteros.

Al Sur de Jubera el bloque cabalgante en un monoclinal de materiales triásicos y jurásicos que corta con un buzamiento de 45° a los depósitos terciarios en situación de rampa de muro. En Arnedillo la estructura se complica, con un conjunto de escamas imbricadas y fallas anastomosadas que sugieren funcionamiento con componente de desgarre. Los materiales implicados en el bloque cabalgante son el Keuper, el Jurásico, y localmente el Albiense al pié del Cerro Peñalmonte.

Al Sur del frente de cabalgamiento existe una unidad constituida por materiales paleozoicos, la Sierra de la Demanda, situada al Oeste, otra formada principalmente por una potente serie Cretácica, la Sierra de Cameros, y una unidad intermedia entre ambas.

2.- La extremidad oriental del Macizo de la Demanda. Ocupa una zona triangular en la parte occidental de la hoja de Anguiano. Su estructura alpina consiste en un gran pliegue de fondo de rumbo casi E-O, con sus bordes Oriental y Meridional orlados por el tegmento Triasico. Fig. 2.

El meridional es un monoclinal suave, mientras que el Oriental cabalga ligeramente sobre los materiales Jurásicos. El borde septentrional es un cabalgamiento sobre el Mesozoico, descrito anteriormente. En la zona de Valdeloshaces-Arroyo Tobía han quedado preservados algunos afloramientos triásicos a favor de una suave estructura sinclinal.

3.- La unidad de Torrecilla en Cameros-Ortigosa. Se aplica esta denominación a la franja del territorio alargada en dirección NNE-SSO que se encuentra situada entre las dos unidades mencionadas anteriormente.

Esta constituida principalmente por materiales Jurásicos plegados e imbricados según dirección NNE-SSO a N-S, con vergencia NO. Las estructuras de plegamiento más destacables son: el Sinclinal de Nieva-El Rasillo, con un núcleo ocupado por facies Purbeck-Weald y depósitos terciarios y cabalgados en su flanco occidental por el Macizo de Demanda, el anticlinal de Pradillo, de geometría domática y el anticlinal Cocucha.

Hacia la periferia de la unidad aparecen cabalgamientos vergentes hacia la cuenca de la Rioja, que adaptan su diseño al del cabalgamiento frontal. La fracturación es intensa, predominando las fallas de rumbo NSO con buzamientos altos y diseño anastomosados que sugiere un funcionamiento en régimen de desgarre.

En conjunto toda esta unidad se interpreta como situada sobre una rampa lateral del bloque cabalgante, en la que el cabalgamiento basal ascendería desde los niveles del Paleozoico-Precámbrico hasta el Keuper. La orientación NNE-SSO de las estructuras de este sector indica, posiblemente, la dirección de transporte del bloque cabalgante. Fig. 10.

4.- La Unidad de Cameros. Comprende el resto del territorio de las hojas de Anguiano y Munilla situado al Sur del cabalgamiento sobre la Cuenca del Ebro.

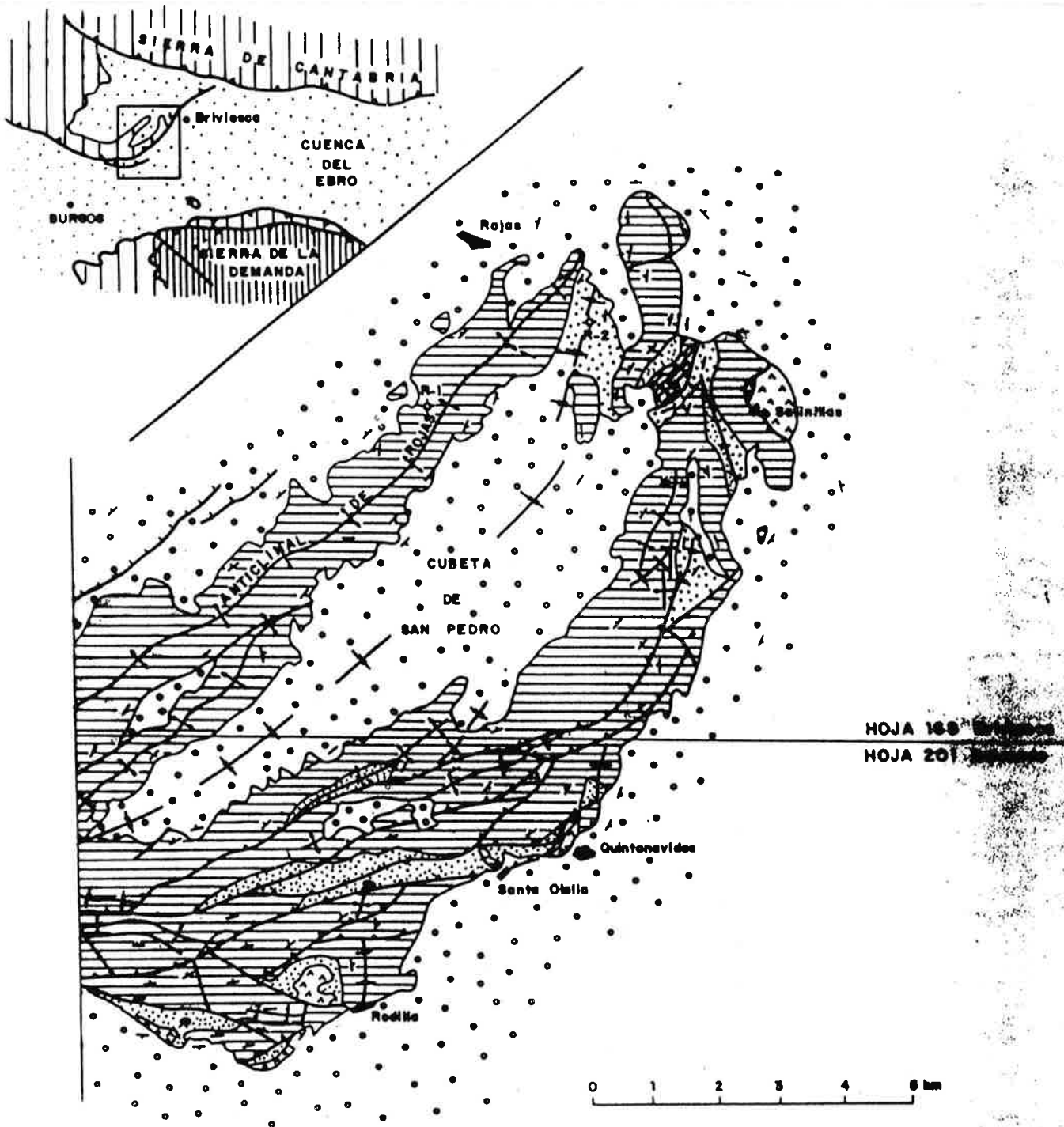
La información de subsuelo obtenido para la prospección de hidrocarburos muestra que toda esta unidad es alóctona y se encuentra desplazada hacia el Norte cabalgando a materiales terciarios.

La estructura interna de esta unidad es relativamente sencilla, está fuertemente condicionada por las estructuras distensivas preorogénicas y la geometría de los dispositivos sinsedimentarios. Los principales hechos a destacar son:

1) La brutal reducción de espesor de la serie cretácica hacia el NE, donde se situaba el borde de la cuenca wealdense, y su engrosamiento hacia el SO.

2) Cierta preconfiguración geométrica por la forma de cubierta del dispositivo paleogeográfico.

3) La existencia de una fracturación heredada de la etapa de tectónica extensional. Ello es muy patente por la gran densidad de fracturas en los materiales jurásicos (acentuada no obstante en la proxi-



MIOCENO



PALEOGENO



CRETACICO SUPERIOR



F. UTRILLAS



LIAS



KEUPER



CONTACTO ESTRATIGRAFICO



RUMBO Y BUZAMIENTO



PLIEGUES



FALLAS



CABALGAMIENTO



SONDEO

FIGURA 9.- Esquema estructural de la Franja plegada de Rojas-Santa Casilda.

midad del borde cabalgante), y progresivamente menor en los materiales cretácicos más modernos.

Algunas fracturas afectan a los materiales de un ciclo, y son claramente fosilizadas por los del ciclo siguiente, como la falla de rumbo E-O de Soto de Cameros. Por otra parte la mayoría de las fallas muestran un salto pequeño o nulo. Ello se debe a que inicialmente actuaron como fallas normales, con salto en la vertical, y durante la compresión rejugaron como inversas con desplazamiento contrario que anula al primitivo.

El resultado final es una unidad con una geometría general sinforme, aunque los sinclinales principales aparecen desplazados progresivamente hacia el Norte en las unidades litoestratigráficas más modernas, lo que indica que originalmente se trataba de estructuras sinsedimentarias inducidas en la cobertera por los escalones de fallas del zócalo. Finalmente toda la estructura ha sido retocada por efecto de basculamientos al adoptarse el bloque cabalgante de toda la Unidad de Cameros a la trayectoria del cabalgamiento basal.

Para evaluar la importancia regional del cabalgamiento frontal y la magnitud del desplazamiento de las unidades de Cameros y Demanda sobre la Cuenca del Ebro debe tenerse en cuenta que en la hoja de Ezcaray (21-11), el sondeo petrolero Demanda-1 emboquilla en Precámbrico, y tras atravesar el Mesozoico invertido penetra de nuevo en el Terciario hasta cerca de 5.000 metros de profundidad. Los sondeos Riojas situados en la hoja de Nájera encuentran el zócalo Mesozoico autoctono a profundidades de 3.000 a 3.800 metros, y las campañas sísmicas realizadas en la prospección de hidrocarburos, indican que la Sierra de Cameros cabalga sobre materiales terciarios hasta, al menos, el paralelo meridional de la hoja. Con estos datos es posible reconstruir la geometría del cabalgamiento hacia el sur, y estimar que su raíz debe situarse a unos 25-35 Kms. al Sur de su frente septentrional, por lo que tanto la Sierra de la Demanda como la de Cameros deben considerarse mantos de cabalgamiento alóctonos. Fig. 11. El cabalgamiento basal en el sector oriental de la hoja es el Keuper, mientras que en la Sierra de la Demanda es muy probable que esté constituido por los Esquistos de Anguiano.

4.2.3.- El Dominio de la Cuenca del Ebro.

Es el que ocupa mayor extensión en el conjunto del bloque. Corresponde a la cuenca de antepais frontal de los alóctonos ibéricos y cantábrico. Está ocupada por una potente serie de clásticos continentales terciarios, hasta 4.000 metros, que se han acumulado en un área con fuerte subsidencia inducida por el apilamiento y desplazamiento hacia ella de los sistemas de cabalgamientos marginales. A su vez su relleno progresivo ha permitido que los bloques olóctonos se transportaran hacia la cuenca - desplazándose sobre los productos de su erosión.

En superficie la estructura de los materiales terciarios generalmente es muy simple, pues aparecen en disposición subhorizontal o bu_zando suavemente hacia el Norte. Unicamente en la zona situada al Este de Arnedillo los materiales de la unidad tectosedimentaria inferior (Eoceno superior?-Oligoceno inferior) aparece estructurada formando un pliegue an_{ti}clinal de dirección NO-SE.

En los depósitos terciarios existen cinco unidades tectosedimentarias separadas por discontinuidades que reflejan los momentos de reactivación tectónica del olóctono. Estas se manifiestan como discordancias angulares en las zonas proximales, y hacia el Norte y el Oeste pasan a paraconformidades cuando se superponen facies distales. Asimismo las facies más gruesas de cada secuencia onlapan sobre las facies más distales de la anterior. Esta "progradación" de las facies continentales hacia el Norte y Oeste reflejan el desplazamiento del olóctono en esta dirección. En las facies proximales localmente se encuentran depósitos gravitacionales procedentes del frente de cabalgamiento. En la figura se muestra gráficamente este modelo de evolución.

Las discontinuidades detectadas son de edad intra Headoniense, intra Avernense Ageniense - Orleaniense, e intra Vallosiense. El cabalgamiento frontal de la Cordillera Ibérica afecta a materiales de la cuarta unidad (Orleaniense a Vallesiense), mientras que la quinta (Mioceno superior - Plioceno inferior) fosiliza al cabalgamiento y es claramente posterogénica.

El cabalgamiento de la Sierra de Cantabria en la zona de Quintanavides afecta a materiales de la parte inferior de dicha unidad, y está fosilizado por los sedimentos de la parte superior.

En el sector de La Bureba el espesor de la serie terciaria es menor, aflorando localmente el sustrato mesozoico. Predominan aquí los depósitos de las unidades tectosedimentarias más jóvenes, que en general presentan disposición subhorizontal aumentando la inclinación de modo progresivo hacia la Cordillera Ibérica donde alcanzan buzamientos de hasta 50° y con cabalgadas por el Mesozoico. No obstante es frecuente que las capas del Terciario cabalgado se mantengan subhorizontales hasta el mismo cabalgamiento, donde pueden formar un estrecho sinclinal por arrastre. Los depósitos de la unidad quinta (Mioceno superior - Plioceno) fosiliza a todas las estructuras.

En el sector riojano en superficie predominan los materiales de las unidades tercera y cuarta (Oligoceno superior a Mioceno medio). En la parte central (hojas de Santo Domingo y Nájera) todos los materiales terciarios mantienen la disposición subhorizontal o con suaves buzamientos hacia el Norte. El valor de los buzamientos es de pocos grados, 3° a 6° , excepto en una estructura de dirección Este-Oeste que cruza el sector por su parte central, donde oscila entre 10° y 20° . Esta estructura configura una flexión, que se ha denominado Flexión de Nájera, al Norte de la cual los sedimentos terciarios recuperan su disposición subhorizontal.

La geología de superficie no proporciona más datos para interpretar la estructura de este sector. No obstante la información aportada por los sondeos petroleros y líneas sísmicas realizadas para la prospección de hidrocarburos muestra la existencia en profundidad de una potente serie terciaria, de 3 a 4.000 metros de espesor, en la que se puede diferenciar las cinco unidades tectosedimentarias reconocidas regionalmente.

El zócalo mesozoico y paleozoico del Terciario se hunde suavemente hacia el Norte, y está afectado por cabalgamientos y fallas inversas que afectan a la mitad inferior. Estas estructuras han provocado el -

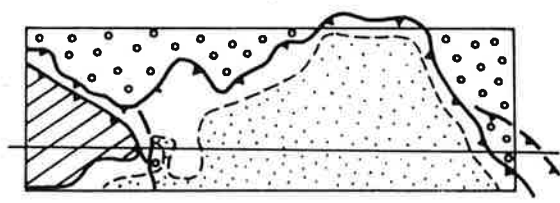
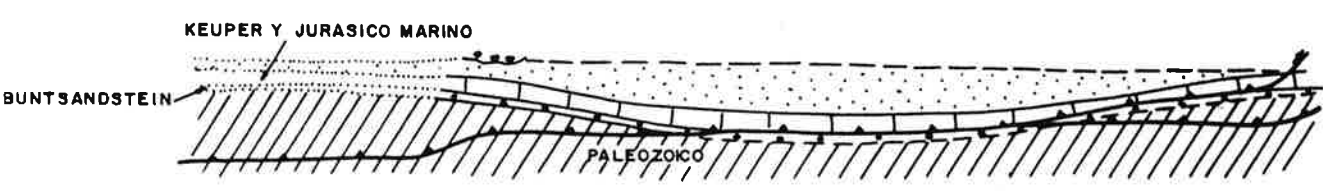
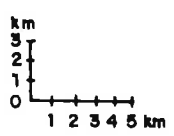
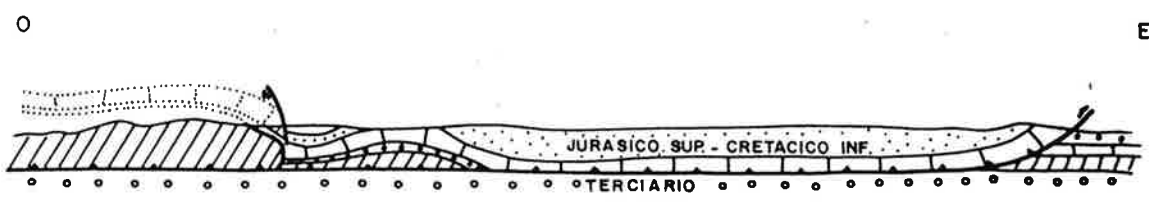


FIGURA 10.- Esquema mostrando las relaciones entre las Unidades de la Demanda y de Cameros y la génesis de la rampa lateral de Torrecilla - Ortigosa.

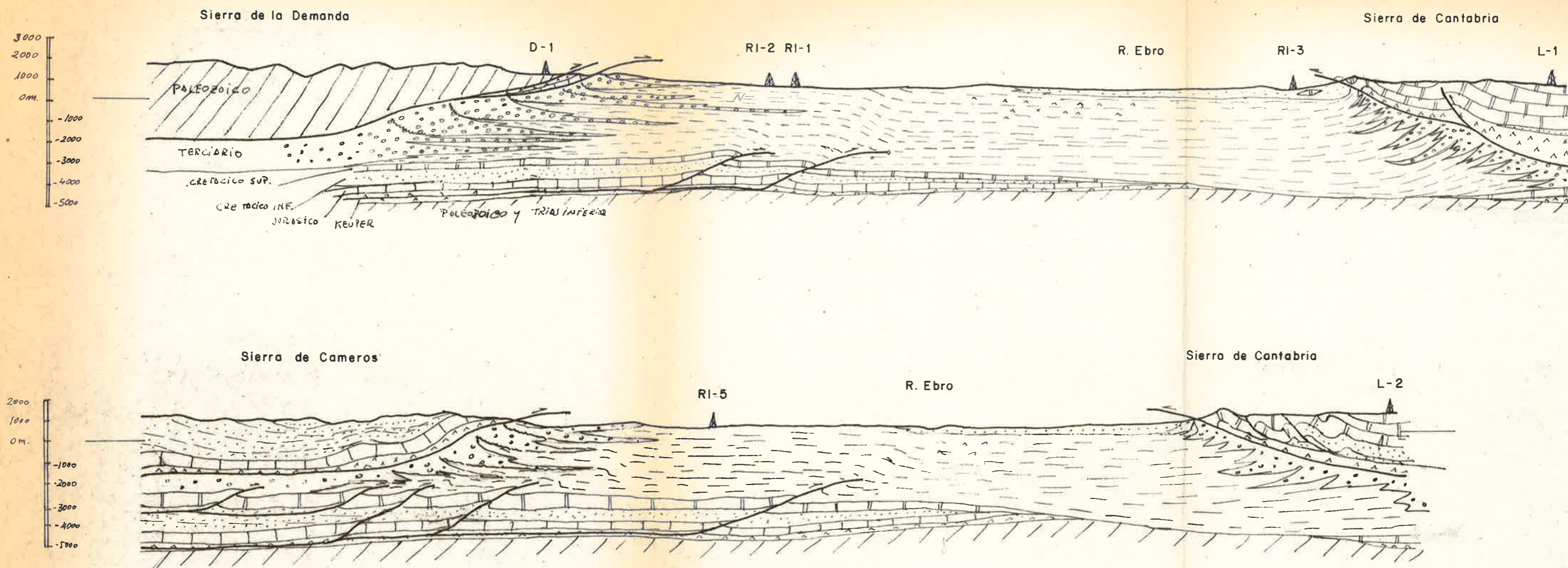


FIG. 11.- CORTES INTERPRETATIVOS DE LA DEPRESION DE LA RIOJA Y SUS MARCOS MONTAÑOSOS; BASADOS EN LOS SONDEOS PETROLEROS DEMANDA 1, RIOJA 1, 2, 3 y 5, LAÑO 1 y 2, Y EN LA INFORMACION SISMICA DEL SECTOR DE NAJERA. ESCALA ORIGINAL 1:200.000.

levantamiento de los bloques meridionales, y la deformación de los sedimentos terciarios suprayacentes (flesi3n de Nájera), por acomodaci3n a las estructuras profundas.

Finalmente al Oeste de Arnedillo existe un pliegue anticlinal en los materiales terciarios que ya ha sido mencionado anteriormente.

El pliegue de Arnedo, que afecta a la UTS-1, se debe sin duda a la existencia en profundidad de un cabalgamiento que afecta tambi3n al z3calo paleozoico, ya que como indica el sondeo de petroleo Arnedo-1, en esta zona el z3calo del terciario se encuentra a unos 800 metros de profundidad, mientras que hacia el NO, en el sector de Nájera su profundidad es del orden de 2.000 a 4.000 metros.

Esta situaci3n se ha ilustrado en la extremidad Oriental del esquema representado en la figura 10.

La estructura del basamiento del Terciario de la Cuenca del Ebro se ha estudiado a partir de la informaci3n de subsuelo (sondeos petroleros y l3neas s3smicas). En las figuras 11, 13 y 14 se presentan cortes con la interpretaci3n en profundidad de la estructura de los dep3sitos terciarios y de un z3calo, elaborado a partir de estos datos, y en la figura 15 se muestra el mapa de isocronos de la base del Terciario en el sector oriental de la zona estudiada.

En todos ellos se pone de manifiesto que el basamiento aut3ctono presenta tambi3n una estructura de cabalgamiento vergentes hacia el Norte con una geometr3a arqueada an3loga a la que presenta el frente cabalgante de Demanda - Cameros en superficie. Los cabalgamientos pueden afectar a las unidades terciarias inferiores, e inducen una deformaci3n por acumulaci3n en los superiores, que se manifiestan en superficie por estructuras tales como la flexi3n de Nájera, el anticlinal de Arnedo o los afloramientos mesozoicos de Alba, Villamorico y Atapuerca de la baja de Belorado. Estas estructuras son relativamente tard3as, pues deforman, aunque con intensidad variable a todos los dep3sitos terciarios excepto a Mioceno superior - Plioceno inferior, que es claramente postorog3nico y fosiliza al frente cabalgante de Cameros.

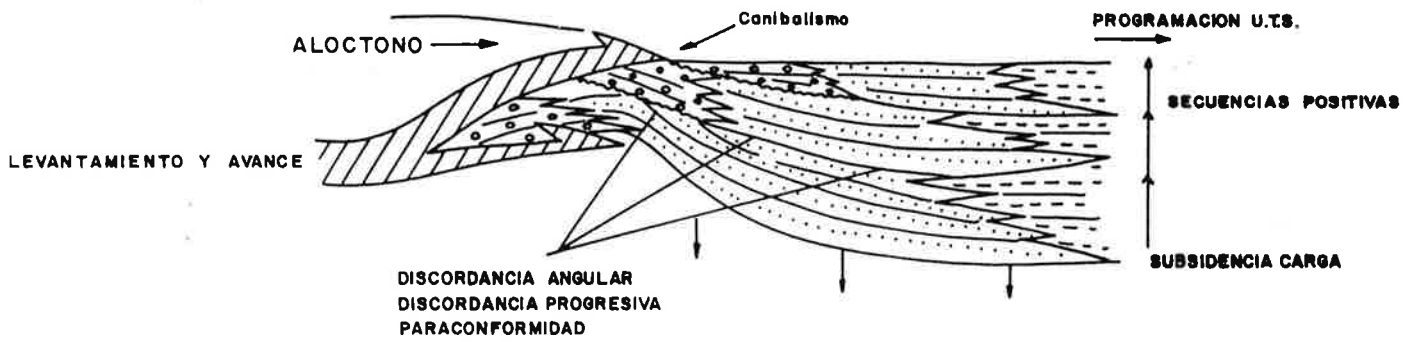
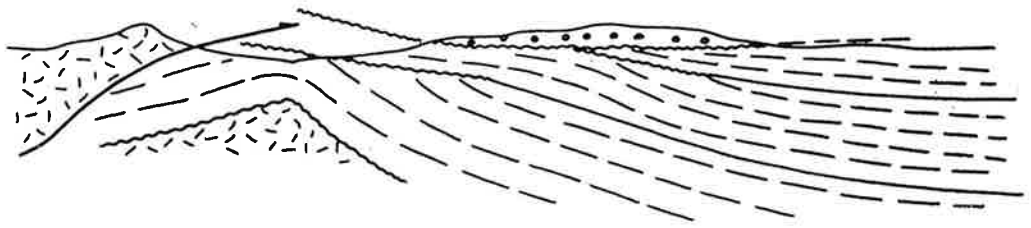


FIGURA 1.2.- Simplificación del Corte geológico de Arnedillo y modelo conceptual de la organización interna de las U.T.S. terciarias incluidas por el borde tectónico activo y el sustrato de la cuenca.

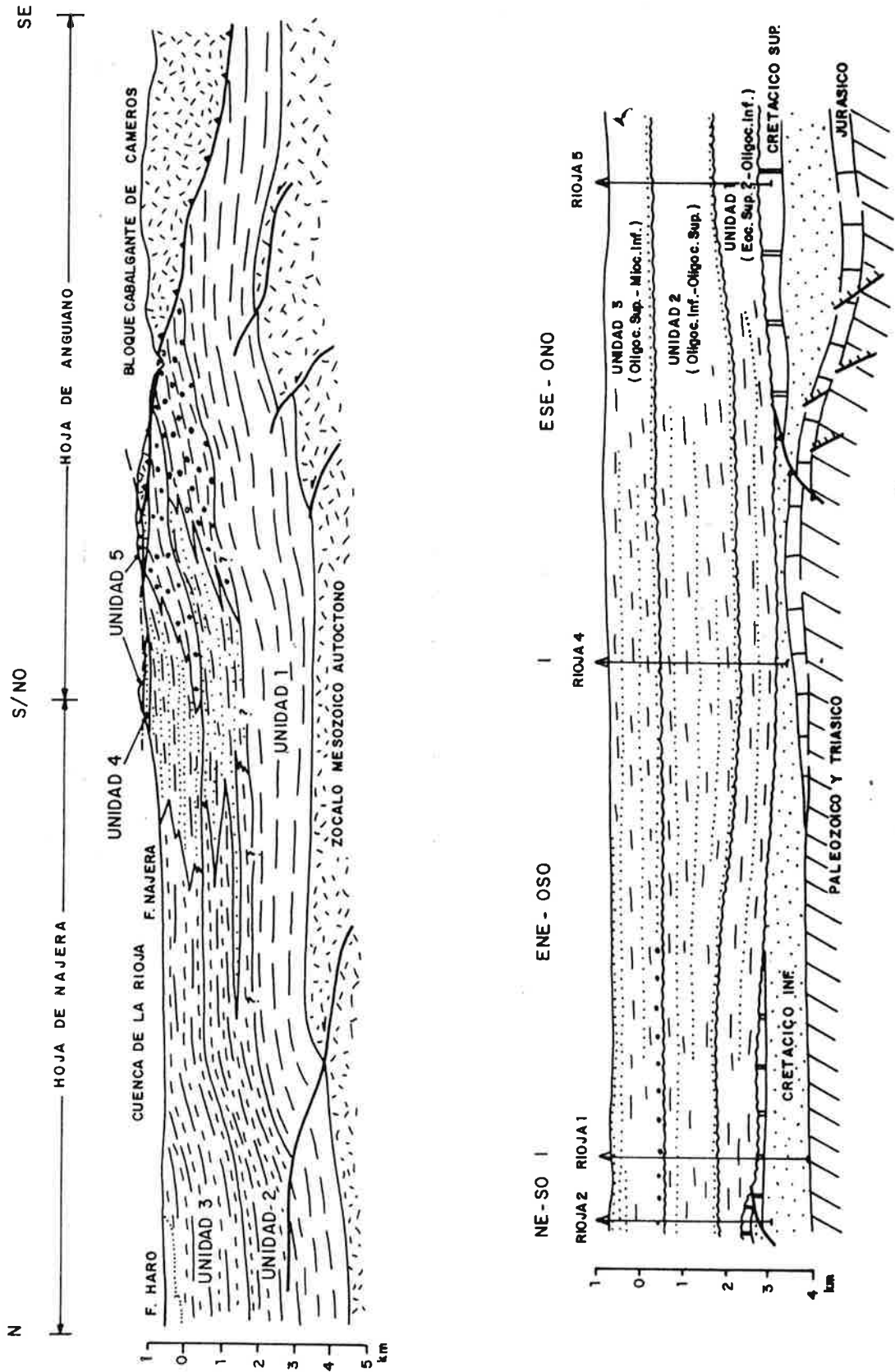


FIGURA 3-14.- Interpretación de la estructura profunda de la Hoja de Najera.

5.- CONSIDERACIONES FINALES

El rasgo tectónico más destacable de la región estudiada es que está constituida principalmente por una doble cuenca de antepais cuyo hundimiento y relleno sedimentario ha estado inducido por la convergencia de dos sistemas de cabalgamientos opuestos.

Los materiales más antiguos que constituyen el sustrato autóctono y forman también parte del olóctono ibérico pertenecen al Precámbrico y Paleozoico y fueron estructurados claramente al Ciclo Hercínico.

El Ciclo Alpino comprende dos periodos. El primero, que dura de Triásico a Cretácico, se caracteriza por la formación de cuencas sedimentarias en régimen extensional y transcurrente, sedimentándose una potente pila sedimentaria. El periodo de rifting y subsidencia del Cretácico es especialmente importante en este sector, alcanzando en la Cordillera Ibérica (Camerós) un desarrollo que sólo se logra en el Maestrazgo o en la propia Cuenca Cantábrica.

A finales del Cretácico tuvo lugar la inversión tectónica de la región, que experimenta un régimen de tectónica compresiva prácticamente ininterrumpido hasta el Mioceno superior. En este periodo se generan los sistemas de cabalgamientos y la Cuenca de antepais. El momento inicial debió estar marcado por una elevación general del área, especialmente de lo que en la actualidad es la parte más profunda del surco terciario, erosionándose la serie mesozoica en mayor o menor grado (Paleozoico bajo al Terciario en el Rioja-3). La aproximación y sobrecarga tectónica por enfrasamiento de la cobertera conduce posteriormente al hundimiento del surco.

La reconstrucción geométrica de la estructura del borde Norte de las Sierras de Demanda y Camerós auxiliada de los datos de subsuelo permite poner en evidencia que este sector de la Cordillera Ibérica ha experimentado una traslación hacia el Norte de decenas de kilómetros, y que

la falla septentrional no es una inversa de gran ángulo, como propugnaban todos los autores anteriores (NAVARRO et al 1960, COLCHEN, 1974, etc.), - sino que en profundidad se tiende y cobija los depósitos terciarios de la Cuenca del Ebro. Esta, en un sector riojano, es una cuenca típica de ante país, con la peculiaridad de tener dos frentes cabalgantes (C. Ibérica y C. Cantábrica), rellena de depósitos continentales sinorogénicos. La magnitud de la subsidencia inducida por sobrecarga tectónica da idea de la - importancia de los bloques cabalgantes.

El paso de la Unidad de Demanda, situada más al Oeste, en la vecina hoja de Anguiano (22-11), con núcleo paleozoico, o la Unidad de Cameros, exclusivamente mesozoica se realiza mediante una rampa lateral en el bloque cabalgante, identificable en la zona de Torrecilla en Cameros. Este dispositivo ha estado preconfigurado por la arquitectura preorogénica de los materiales (potentes serie mesozoica en Cameros - alto paleogeográfico en Demanda) y por la posición de los niveles de despegue (Esquistos de Anguiano - Keuper).

El registro sedimentario en la cuenca indica que la actividad orogénica compresiva se remonta al menos al Eoceno superior - Oligoceno inferior, y se mantiene constante hasta el Mioceno medio-superior. Los momentos de mayor aceleración en el desplazamiento del bloque cabalgante y rejuvenecimiento del relieve, han quedado impresos en el registro sedimentario como discontinuidades, que por su posición estratigráfica son - correlacionables con las de otros puntos de la Cordillera Ibérica (Eoceno superior - Oligoceno medio-superior; intraoligoceno superior; Mioceno inferior-medio e intramioceno superior, si las correlaciones con yacimientos y niveles datados son correctos). Por el momento no es posible establecer de una manera precisa la secuencia de cabalgamientos, aunque de la geometría global del sistema y de sus relaciones con la sedimentación parece deducirse una secuencia de bloque inferior con cabalgamientos más recientes serán por tanto las que afectan a la cobertera mesozoica autóctona del sustrato de la cuenca de La Rioja, que inducen deformaciones por - acomodación en los depósitos terciarios suprayacentes.

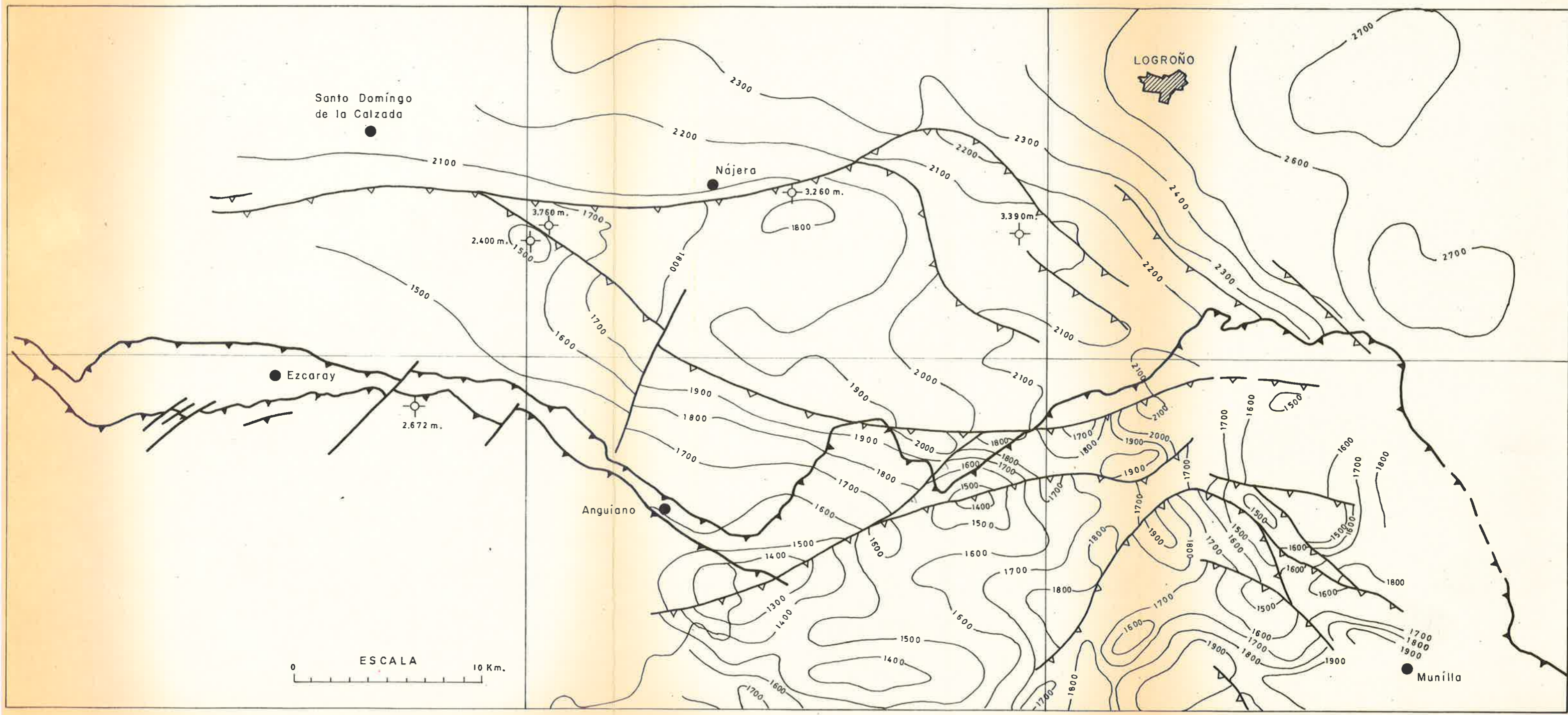


FIG. 15.- MAPA DE ISOCRONOS DE LA BASE DEL TERCIARIO.

Finalmente la existencia de cierta actividad sísmica, con epicentros localizados en la Unidad de Cameros, y las manifestaciones tectónicas indican la existencia de una cierta actividad neotectónica. Asimismo el vaciado erosional que ha experimentado la parte central de la Cuenca, así como la incisión de la red fluvial en el marco montañoso se debe, además de a las fluctuaciones estáticas cuaternarias, a una elevación general de toda la región por compensación isostática o rebote elástico de la litosfera.

6.- BIBLIOGRAFIA

- AITKEN, R., (1932).- "Datos geológicos sobre el norte de la Demanda".
Bol. Soc. Esp. Hist. Nat., T. 82. p. 309.
- AITKEN, R., (1942).- "La Sierra de la Demanda (Burgos, Spain): note of the tectonics of the northern margin". Geol. Mag., 79:34-48.
- ALVARO, M., (1987).- "La subsidencia tectónica en la Cordillera Ibérica durante el Mesozoico". Geogaceta 3.
- ALVARO, M., CAPOTE, R., y VEGAS, R., (1979).- "Un modelo de evolución geotectónica para la Cadena Celtibérica". Acta Geol. Hisp. 14: 174-177.
- CIEPSA - HISPANOIL (1986-1987).- Interpretación sísmica. Permisos Nájera - Navarrete y Ortigosa - Torrecilla. (Informe interno, inédito).
- GIRAUD, M. y SEURET., (1985).- "A releasing solitary overstep model for the late Jurassic - early Cretaceous (Wealdin) Soria - strike - flip basin (Northern Spain)". Bull. Soc. Econ. Paleon. Miner. 36: 159-175.
- COLCHEN, M., (1974).- "Geologie de la Sierra de la Demanda (Burgos y Logroño) Espagne". Memorias IGME, nº 85, 436 pp.
- LAGO, M., POCIVI, A., BASTIDA, J. y AMIGO; J.M. (1988).- "Geochemical features of alkaline magmatism in the Triassic-Liassic boundary of the Iberian Chain". II Congr. Esp. Geol. Granada, 1988.
- LANAJA, J.M. (1987).- Contribución de la exploración petrolífera al conocimiento de la Geología de España. 465 pp. IGME.

- LOTZE, F., (1929).- "Stratigraphie und Tektonik der Keltiberischen Gaundgebirgen (Spanien)". Abh. Ges. Wiss., Göttingen, Math, phys. Kl., W.F., 14, Beitr. Geol. Westl. Mediterrangeliete, Nr. 3. Berlin.
- LOTZE, F., (1939).- "Zür tektonik der östlichen Sierra de la Demanda (Kurzere Mitteleinlungen zur Geologie Spanien II)". Neves Pb. Geol. Paläontol., Monatsh, Dtsch., 79, pp. 385-391.
- NAVARRO, A., VILLALON, C. y TRIGUEROS, E., (1960).- "Explicación de la hoja geologica nº 241 (Anguiano). IGME, Madrid, pp. 1-79.