

ESTUDIO DE LA GEOLOGÍA DEL SUBSUELO EN EL NW DE LA CUENCA DEL DUERO

(PROVINCIA DE LEON)

Proyecto ITGE: "Estudio Geológico de las Hojas del Mapa Geológico
Nacional a Escala 1:50.000 números: 161, 162, 163, 194, 195, 196,
232, 233 y 234". Expediente 28/93

Dpto. Geología
Universidad de Oviedo
Julio 1995

T. Redondo López
J. Gallastegui Suárez
J. Alvarez Pulgar

INDICE

PARTE I- DATOS DE SONDEOS

- INTRODUCCION
 - Procedimiento general
 - Información disponible
- DIAGRAFIAS DE RAYOS GAMMA
 - Generalidades
 - Correlaciones de diagrafías de Rayos Gamma
 - Conclusiones
- DIAGRAFIAS SONICAS O DE VELOCIDAD
 - Generalidades
 - Correlaciones de diagrafías sónicas
 - Conclusiones
- ESTRATIGRAFIA SECUENCIAL
 - Análisis de facies
 - Estratigrafía secuencial
- SONDEOS HIDROLOGICOS
- CONCLUSIONES GENERALES

PARTE II- PERFILES SISMICOS

- INTRODUCCION
- REFLECTORES IDENTIFICADOS
- DESCRIPCION DE PERFILES REPRESENTATIVOS
 - Cortes N-S
 - Cortes E-O
- MAPAS DE ISOCRONAS E ISOBATAS
 - Método
 - Modelos de velocidad para la conversión de tiempo a profundidad
 - Cuadro comparativo de velocidades
 - Resultados
- CONCLUSIONES GENERALES
- BIBLIOGRAFIA
- ANEXOS
 - ANEXO I: Relación y características de los sondeos utilizados
 - ANEXO II: Diagrafías de Rayos Gamma, sónicas y columna litológica
 - ANEXO III: Listado de las correlaciones realizadas
 - ANEXO IV: Correlaciones entre sondeos hidrológicos
 - ANEXO V: Líneas sísmicas interpretadas

PARTE I

DATOS DE SONDEOS

INTRODUCCION

Una diagráfia (log) es a rasgos generales, un registro de una propiedad física, medida en los materiales perforados por un sondeo. El sondeo de rotación es una operación habitual y muy utilizada en la exploración del petróleo junto con las diagráfias. Su objetivo es el de evaluar e identificar rocas reservorio potenciales, su estructura (buzamiento, fracturas, etc.), porosidad y la naturaleza de los fluidos presentes, así como establecer correlaciones entre diferentes sondeos (HURST et al., 1990). En los últimos 60 años se han desarrollado un gran número de aparatos para este fin. Los estudios de sondeos son muy importantes también en la mayoría de las investigaciones geológicas y geofísicas.

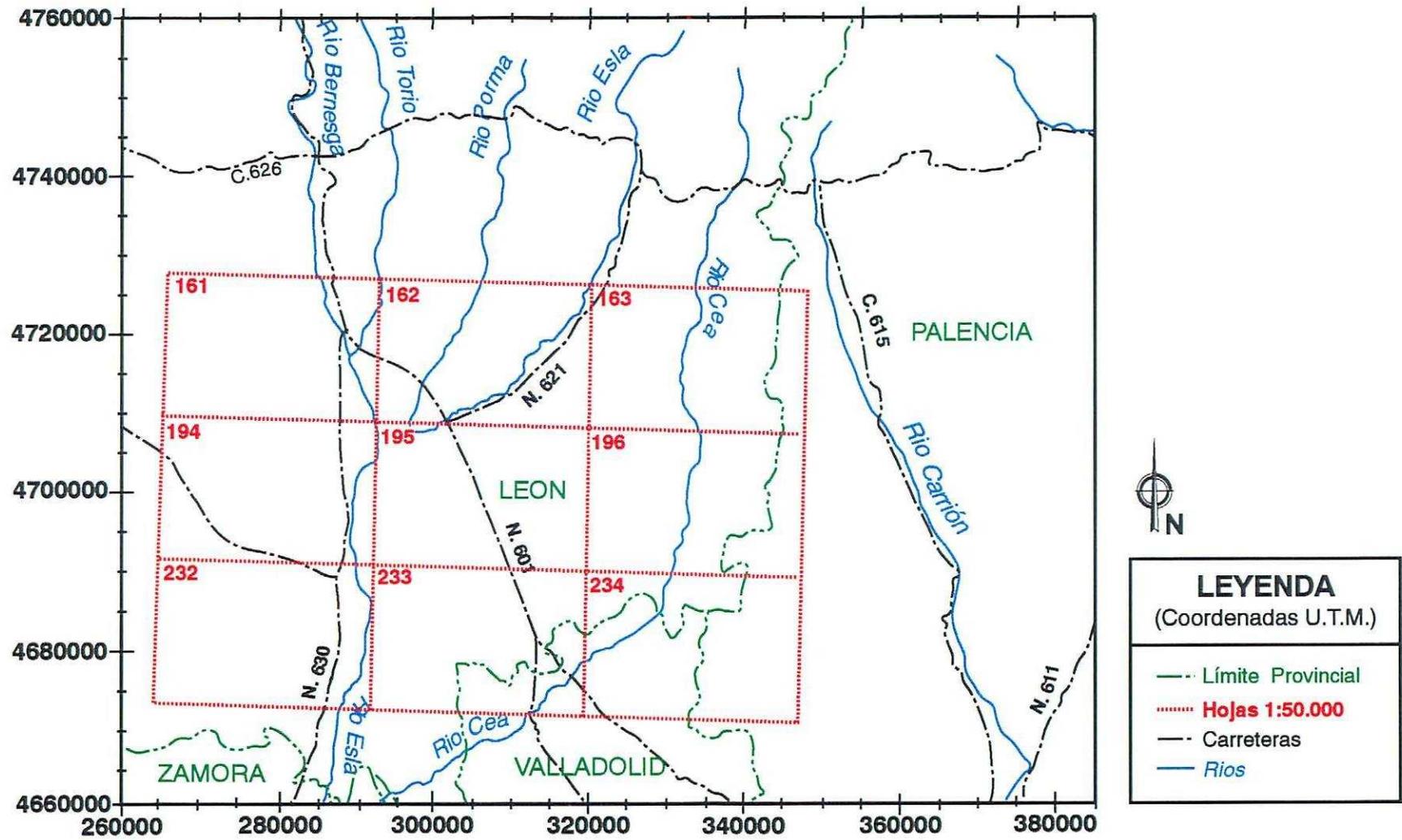
En el presente trabajo se ha tratado de aplicar estas técnicas, generalmente usadas en la exploración petrolífera, para la determinación de facies y posible correlación de niveles de acuíferos, para con ello, contribuir al estudio de la geología del subsuelo y complementar la geología de superficie. A partir de las diagráfias se pueden deducir cualidades como el tamaño de grano, o la geometría de las formaciones que junto con las secuencias deposicionales y la estructura interna de los testigos de los sondeos, son de gran ayuda para el mencionado cometido

La determinación de ambientes deposicionales a partir de diagráfias está basado en los parámetros anteriores: geometría, estructura interna, textura y secuencias texturales de las distintas unidades estratigráficas (FONS, 1969).

El área estudiada, está cubierta por depósitos clásticos continentales caracterizados, en general, por presentar tamaños de grano de medio a grueso y cubrir áreas menores que los depósitos clásticos marinos. Otro dato a tener en cuenta es que las lutitas no marinas son generalmente más densas, más arenosas y con más alta resistividad que las marinas.

En este trabajo se pretende realizar la correlación de una serie de diagráfias de la zona norte de la Cuenca del Duero, en la provincia de León, más concretamente del área delimitada por las hojas 1:50.000 : 161, 162, 163, 194, 195, 196, 232, 233 y 234. (Mapa 1).

Como paso previo a la correlación, se debe proceder a identificar la litología, posición secuencial y la estructura de los sondeos. En el método de correlación mediante diagráfias, las formaciones son descritas a partir de sus propiedades físicas y sus secuencias texturales, siendo posible correlacionar cualquier parámetro que pueda ser medido (Autopotencial, resistividad, temperatura, unidades A.P.I. de neutrones, velocidad, porosidad, saturación de agua, densidad de fracturación y grado de compactación de las lutitas).



Mapa 1.- Localización en la zona estudiada de las hojas 1:50.000 en elaboración.

La correlación de estratos en el subsuelo facilita la comprensión de la geología, por ejemplo mediante la obtención de mapas de litofacies y de isopacas en aquellas zonas, como es el caso de la Cuenca del Duero, donde la geología de superficie no nos permite apenas estudiar más que el primer centenar de metros de la serie Terciaria. En estos casos, los métodos indirectos como son el estudio de diagráfias y de perfiles sísmicos de reflexión, son especialmente útiles con el fin de complementar la información obtenida en base a la geología superficial.

PROCEDIMIENTO GENERAL

La correlación realizada se ha basado en el estudio de una serie de diagráfias cuyo número, características y procedencia se relatará más adelante. Para tratar los datos se ha dispuesto de una estación de trabajo *DECstation 5000/200* con sistema operativo *Ulrix* versión 4.3, dotada con un software especializado para el procesado e interpretación de sondeos y de datos de sismica de reflexión de la compañía *SIERRA GEOPHYSICS. Inc.*, actualmente *WESTERN ATLAS SOFTWARE INTERNATIONAL*.

Los programas utilizados son:

- QUIKDIG*, programa para la digitalización de datos geológicos, geofísicos y geográficos como: el mapa geográfico de referencia basado en los Mapas Geográficos Nacionales 1:200.000 de la zona, la situación de los puntos de disparo y los perfiles sísmicos, y las curvas de las diagráfias.
- QUIKLOG*, programa para el tratamiento y análisis de diagráfias. Las utilidades más relevantes son la posibilidad de elaboración de sismogramas sintéticos en base a un sondeo sónico y la modelización sedimentológica en 2D a partir de una correlación entre un número variable de diagráfias.

En cuanto a la capacidad de trabajo para el manejo de diagráfias sónicas, este programa nos permite editar interactivamente y obtener distintos tipos de tratamientos sintéticos. El primero consiste en la disposición en una dimensión de las curvas de los "logs" junto con la anotación del techo de las formaciones que atraviesa. Podemos además introducir variables y condicionantes tales como diferentes filtros flexibles, AGC (Automatic Gain Control), consideración o no de existencia de multiplos, etc.

Una segunda capacidad es la interpretación y elaboración de cortes estratigráficos a partir de la interpolación de las características de varios "logs" una vez que el operador ha introducido manualmente la correlación de uno o varios niveles a partir de las características

Valencia de Don Juan	X	X	X						
Vega de los Infanzones	X		X	X				X	
Fontanos de Torio	X		X	X				X	
Gigosos de los Oteros		X	X						
Grulleros				X				X	
Laguna de Negrillos			X					X	

Sondeos para petróleo	Lit	Acu	R.G.	Res	16N	64N	Son	S.P	Otros
Campillo	X		X	X	X	X	X		X
Peña-1	X		X	X	X	X	X		X
Villameriel	X		X	X	X	X	X		X

Tabla I: Relacion de diagrfias disponibles: **Lit.**-registro de litologías, **Acu.**-registro de acuíferos, **R.G.**-Rayos Gamma, **Res.**-Resistividad, **16N**-Resistividad normal corta, **64N**-Resistividad normal larga, **Son.**-Sónico, **S.P.**-Self Potential y **Otros**-otro tipo de diagrfias disponibles: Temperatura, Caliper, etc.

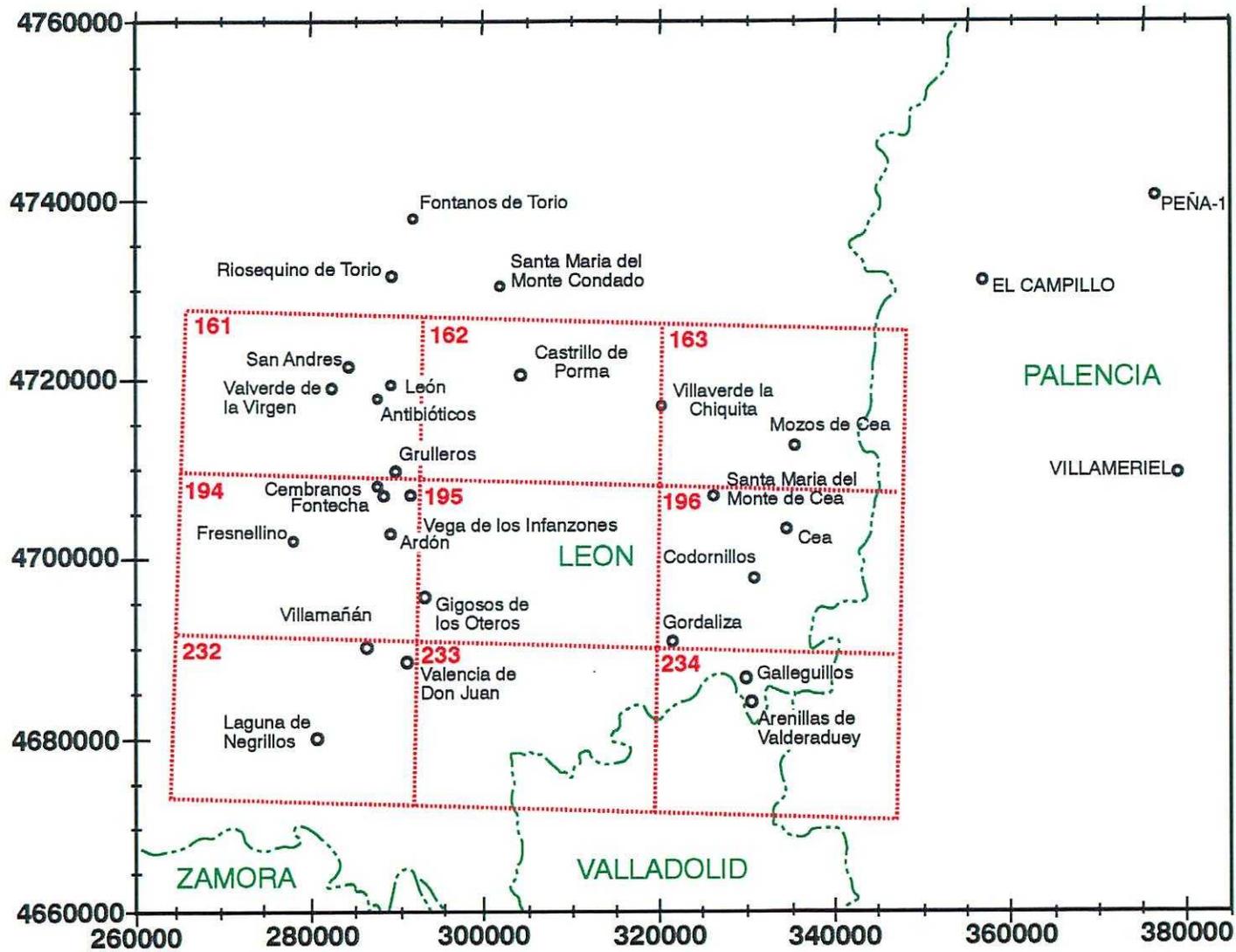
De todos estos sondeos enumerados, en una primera evaluación fueron desechados un número de ellos bien por su baja calidad (carecer de escala, de calibración, de situación, etc...) o bien por no poder ser correlacionados con otros (p.e. no se dispone de diagrfias de Self Potential situadas a una distancia lo suficientemente cercana para permitir una correlación fiable).

La mayor parte de las correlaciones se han realizado con base en las diagrfias de Rayos Gamma y las de Velocidad, ya que estas son las más abundantes, pudiendo así establecer correlaciones con datos menos espaciados.

DIAGRAFIAS DE RAYOS GAMMA

GENERALIDADES

La diagrfia de Rayos Gamma se basa en un registro de la radiactividad natural de una formación, procedente de su contenido en uranio, thorio y potasio. La diagrfia sencilla de Rayos Gamma da la radiactividad de estos tres elementos combinados, a diferencia de la diagrfia espectral que nos da la cantidad de cada uno de estos elementos por separado (COWAN et al.,1988).



Mapa 2.- Situación de los sondeos.

La radiactividad en las distintas rocas suele ser mayor en rocas ígneas y metamórficas. Dentro de las rocas sedimentarias, las pizarras son las que dan valores más altos. Sin embargo, no todas las pizarras (lutitas) son radiactivas, ni todas las rocas sedimentarias que dan valores altos de radiactividad son necesariamente lutitas.

Los usos principales de las diagrfias de Rayos Gamma son meramente cuantitativos, aunque también son utilizados como herramienta de correlación e identificación de discontinuidades desde el punto de vista estratigráfico así como para la identificación de facies según las relaciones entre arcilla y el tamaño de grano, desde el punto de vista sedimentológico. Las discontinuidades se distinguen por la presencia de picos aislados y estrechos asociados con una concentración de U.

UNIDADES

La unidad de medida más utilizada en este tipo de diagrfias es el **A.P.I.** (del inglés *American Petroleum Institute*). Esta es una unidad relativa de medida definida como la 1/200 parte de la diferencia en la curva de deflexión entre zonas de baja y alta radiación en el pozo de calibración de Rayos Gamma sito en Houston, Texas (TELFORD et al., 1990). En nuestro caso se dispone de una serie de "logs" cuya unidad de medida son los **C.P.S.** o cuentas por segundo, por lo cual ha sido necesaria la equiparación de estas dos unidades.

No existe una conversión directa entre unidades API y CPS. Como se ha dicho, las unidades API son una calibración absoluta estándar conseguida en la Universidad de Houston. Los CPS, sin embargo son relativos, su magnitud depende del tipo de detector utilizado, su eficacia y su tamaño. Las herramientas antiguas para medida de Rayos Gamma utilizaban tubos o cámaras de ionización Geiger-Mueller de baja eficacia, sin embargo, las herramientas actuales usan escintilómetros que procuran un mayor índices de contaje.

En este caso, no existe información referente al tipo de instrumental que se ha utilizado, ni su calibración, por lo que se hace difícil la comparación de los valores absolutos de Rayos Gamma entre los diferentes sondeos. De todos modos y siguiendo la indicación del libro de Hilchie "Old Electrical Log Interpretation", se ha tomado como más aproximada la conversión para maquinaria Lane Wells para las Series 300 (g-m) de:

20.2 cuentas/min. ----- 1 API
0.3366 CPS----- 1 API

METODO

Generalmente el método a seguir sería, en el caso de que la herramienta utilizada hubiese sido moderna con unidades API, buscar nuestra propia conversión en base a una capa de composición conocida y con una amplia distribución lateral a lo largo de toda la zona adaptando los "logs" antiguos a los valores del primero.

En la zona en estudio no se dispone de una capa de estas características debido al medio deposicional donde nos encontramos, por lo que se ha procedido a establecer una correlación cualitativa en base a la morfología de los picos, más que los valores absolutos de los mismos en las diagráfias. El proceso seguido ha sido ya descrito en la introducción.

UTILIZACIÓN DE LAS MORFOLOGÍAS DE LOS "LOGS" DE RAYOS GAMMA COMO UN INDICADOR DE FACIES

SERRA Y SULPICE (1975) propone utilizar tres morfologías (Fig. 1) en las diagráfias de Rayos Gamma como base para la identificación de facies deposicionales, especialmente en areniscas. Estas son:

- a.- **Forma de campana**, en la cual los valores de los Rayos Gamma aumentan progresivamente hacia arriba. Indica una secuencia deposicional con tendencia granodecreciente, típica de un canal de arena o de una arena marina transgresiva.
- b.- **Forma de embudo**, con valores de Rayos Gamma decrecientes hacia arriba, característica de secuencias granocrecientes, como por ejemplo un cordón litoral o los depósitos de frente deltaico.
- c.- **Forma cilíndrica o de barril**, con valores aproximadamente constantes en un tramo. Esta forma corresponde a secuencias con un tamaño de grano homogéneo.

El uso de las morfologías de las diagráfias viene dado por tres premisas principales:

- 1) La relación entre la respuestas de los Rayos Gamma y el contenido en arcilla.
- 2) La relación entre el contenido de arcilla y el tamaño de grano.
- 3) La relación entre la secuencia de los tamaños de grano y la facies deposicional.

Las ortocuarzitas tienen un tamaño de grano de fino a medio, las areniscas lutíticas fino y las arenas polidetríticas son de grano grueso. En términos de radiactividad natural esto significa que existen varios factores en juego en contra de las generalizaciones citadas

anteriormente. Así por ejemplo, unas areniscas del Jurásico medio en el Mar del Norte contienen un 25% de micas con radiactividad natural debido a su alto contenido en potasio. El contenido en micas se supone que varía al mismo tiempo que varía el tamaño de grano. Los Rayos Gamma reaccionan a las distintas combinaciones del contenido de mica y arcilla, pero no siempre se puede atribuir a un alto contenido en arcilla un valor alto de los Rayos Gamma ni un valor bajo a un bajo porcentaje de arcillas (CHAMBERLAIN, 1984). El valor de los Rayos Gamma en una arenisca no está necesariamente vinculado a su contenido en arcillas.

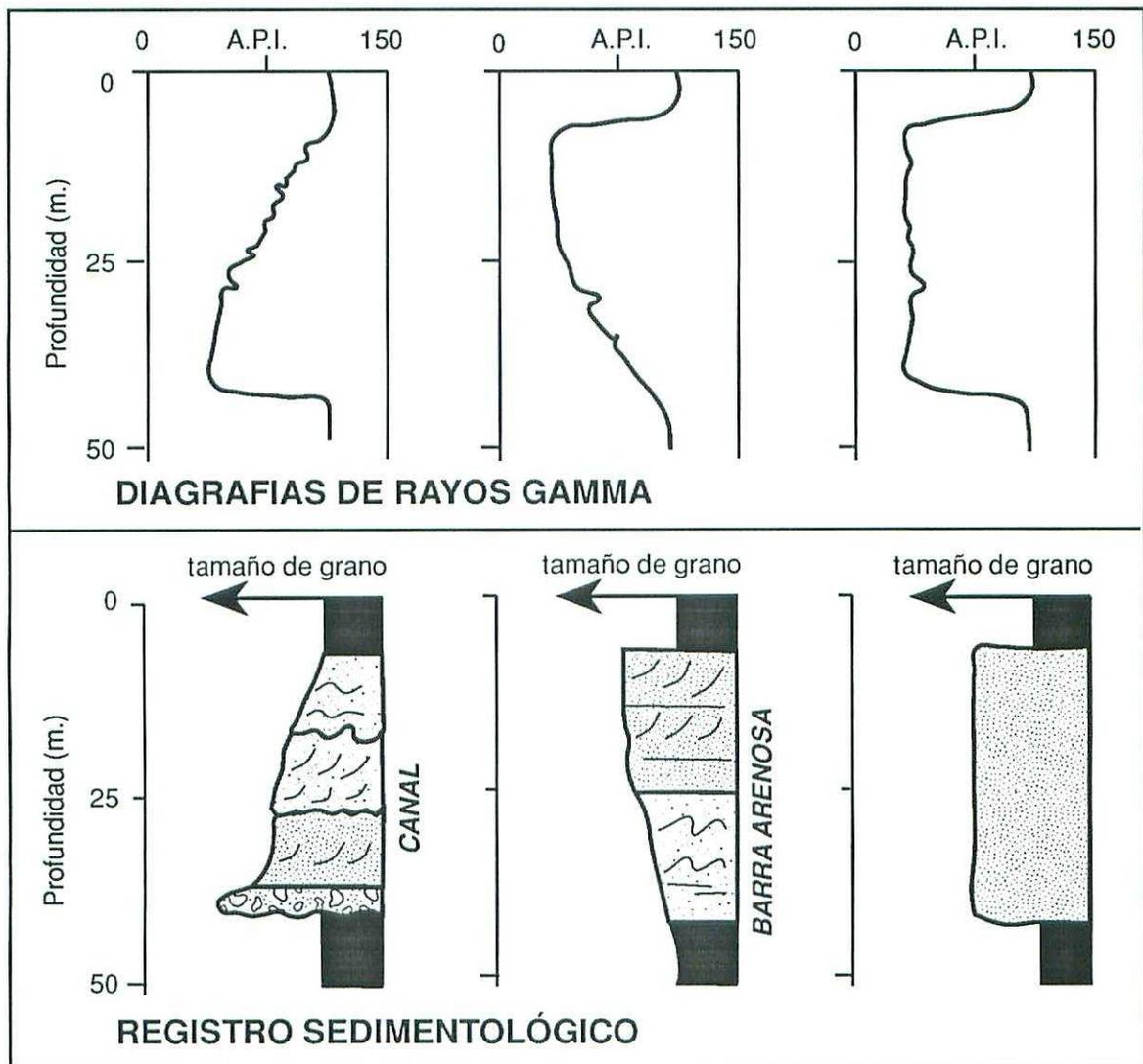


Fig. 1.- Correspondencia entre la morfología de las diagráfias de rayos Gamma y la litología (según SERRA y SULPICE, 1975)

Algunas veces se puede hablar de que el medio deposicional condiciona la textura y composición, y por tanto el tamaño de grano y la cantidad de arcillas. En algunos trabajos se ha analizado el comportamiento de las distintas clases de tamaños de grano bajo diferentes

condiciones hidráulicas. El modo de transporte, de deposición o de erosión está vinculado a la velocidad de la corriente y se ve reflejado en el depósito resultante según el rango de los tamaños de grano presente. La diagénesis es otro factor añadido que implica la neoformación o destrucción de minerales arcillosos. Ambos procesos cambian los índices del tamaño de grano y consecuentemente la fuente de la radiactividad natural en los minerales específicos. Para discernir entre los diferentes casos presentados es necesario examinar comparativamente los testigos y las diagráfias de Rayos Gamma. Al obtenerse una buena relación entre las diagráfias de Rayos Gamma y el tamaño de grano, se puede entonces deducir el ambiente deposicional.

En resumen, para que haya una buena correlación entre la respuesta de los Rayos Gamma y el tamaño de grano deben confluír dos condiciones: los Rayos Gamma deben correlacionarse con el contenido de arcilla y el contenido de arcilla debe correlacionarse con el tamaño de grano.

La mezcla de arcilla radiactiva y el cuarzo no radiactivo viene dada por el medio deposicional que da lugar a la relación entre el tamaño de grano y la cantidad de arcilla dispersa. Empíricamente, parece ser que es en ambientes fluvio-deltaicos donde se dan todas las condiciones para que exista dicha relación. En la mayoría de las areniscas no existen minerales detríticos no arcillosos que presenten radiactividad natural

VALORES DE RAYOS GAMMA EN DIFERENTES LITOLOGÍAS

Areniscas y arenas

Las areniscas presentan valores de Rayos Gamma de moderados a altos ya que, si bien el cuarzo no presenta radiactividad, sí lo hacen diversos minerales asociados como: feldespatos, micas, minerales pesados y fragmentos de roca. Además, algunas areniscas marinas son radiactivas por presentar glauconita en su composición. Los depósitos tipo placer son frecuentemente radiactivos, dando lugar a un picoteado radiactivo en las diagráfias de Rayos Gamma. En general, se puede decir que los cambios del tamaño de grano de una arenisca, se reflejan en sus diagráfias de Rayos Gamma, de manera que a menor tamaño de grano, mayor valor de Rayos Gamma.

Carbonatos

No son radiactivos en estado puro, aunque pueden serlo cuando contienen materia orgánica con uranio.

Evaporitas

La sal y anhidrita dan valores de radiactividad muy bajos, aunque las evaporitas con K, sí dan valores de radiactividad.

Lutitas

Las lutitas presentan valores muy altos de radiactividad.

CORRELACIONES DE DIAGRAFÍAS DE RAYOS GAMMA

Partiendo de las diagrafías disponibles, se han realizado una serie de correlaciones entre sondeos (mapa 3, ANEXO III). Todas las observaciones realizadas están contrastadas con datos provenientes de registros litológicos, bien de los propios sondeos o de zonas muy cercanas, de cara a la determinación de la validez del método de correlación de curvas de diagrafías utilizado. Pasaremos ahora a hacer una descripción de los rasgos más significativos de los cortes realizados que se muestran en las figuras siguientes:

CORTEGR1 (Codornillos-Gordaliza-Arenillas, N-S)

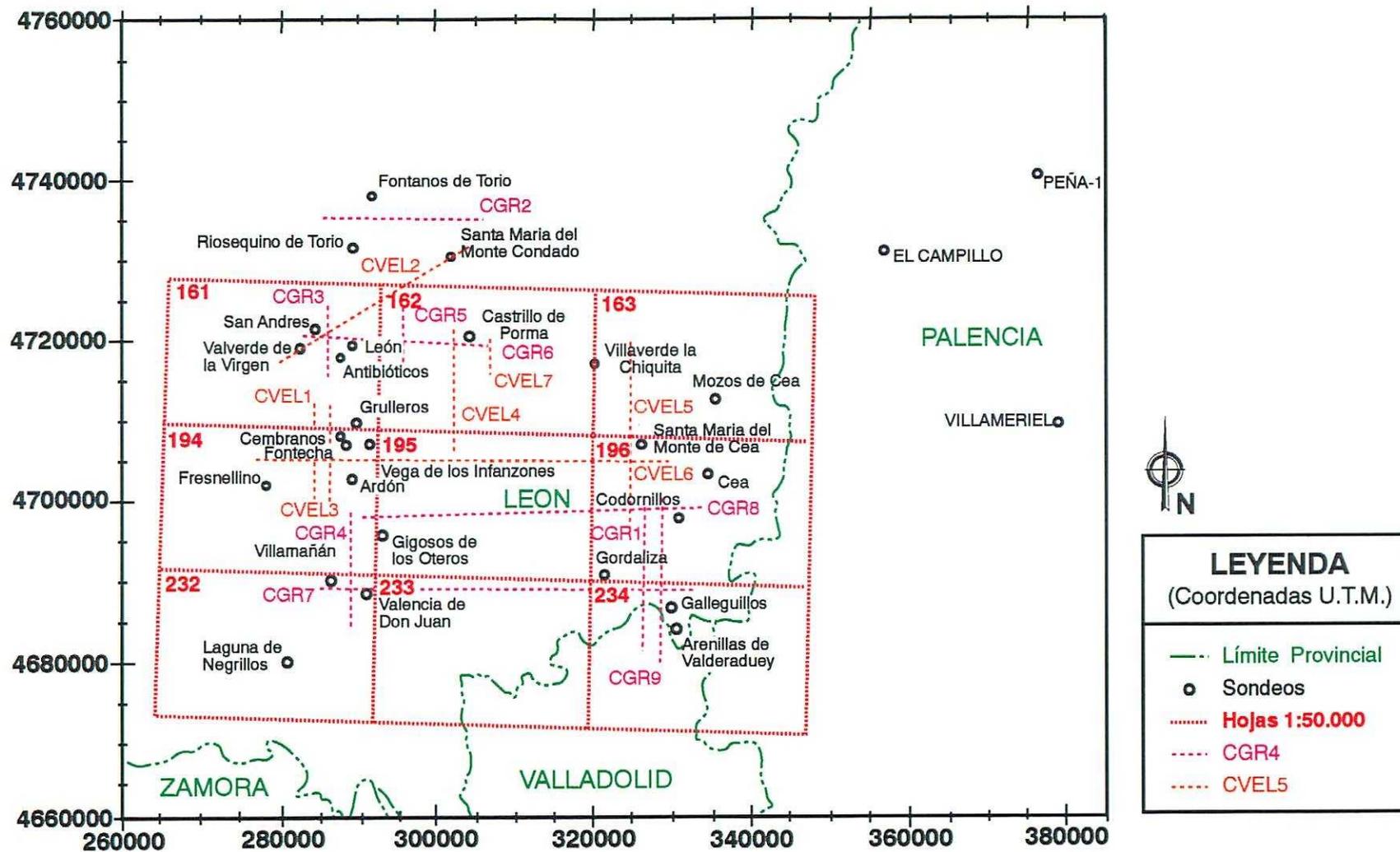
En este corte, las correlaciones entre las diferentes curvas que lo componen son bastante claras debido a la similitud de sus morfologías. Se puede distinguir una rotura brusca y correlacionable en las curvas a unos 265 m de profundidad, interpretada como una posible discontinuidad.

Las columnas litológicas revelan que en esta zona la litología dominante es la marga con gravas y arenas, distribuídas éstas en capas delgadas. En esta correlacion se pueden identificar picos homólogos en las diagrafías más fácilmente que en las propias columnas litológicas. Se puede decir que en las diagrafías de Rayos Gamma los picos no se corresponden exactamente con los diferentes niveles estratigráficos. Las margas se corresponden en las diagrafías con zonas de grandes oscilaciones atribuibles a la variación de la composición mineralógica de las mismas.

CORTEGR2 (Fontanos-Riosequino-Sta. Mariadel Monte, O-E)

Este corte es el situado más hacia el norte de todos los realizados. Su orientación es O-E. En él se pueden observar unos cuerpos lenticulares, bajo Fontanos de Torio, marcados por secuencias granodecrecientes muy claras y otros cuerpos definidos por un tramo en la curva de la diagrafía de valores de c.p.s. aproximadamente constantes (morfología de barril), indicando uniformidad en el tamaño de grano del cuerpo. Esto puede ser interpretado como una superposición de secuencias positivas en zonas apicales de abanicos. En estas zonas no existiría una dispersión lateral de los depósitos.

Las secuencias reconocidas oscilan entre los 15 y los 40 m de espesor, mientras que los cuerpos tipo "barril" tienen una potencia entre 25 y 35 m.



Mapa 3.- Situación de las correlaciones de diagráfias de Rayos Gamma (CGR1-9) y de Velocidad (CVEL1-7).

A unos 65 m de profundidad puede seguirse un nivel de gravas que produce un pico importante en la diagráfía. Los registros litológicos muestran niveles de arenas y gravas uniformemente espaciados al igual que ocurre con los picos de la curva de la diagráfía.

CORTEGR3 (León- San Andrés de R.- Valencia de Don Juan, N-S)

A 150 m de profundidad existe un nivel arenoso correspondiente a un pico en la diagráfía, identificado como un acuífero en el sondeo hidrológico de Antibióticos. Hay otro nivel de gravas correlacionable a 320-330 m, también identificable como un acuífero.

CORTEGR4 (Gigosos de los O.-Villamañán-Valencia de Don Juan, N-S)

Este corte está situado en el sur de la zona estudiada. Se puede ver como aquí ya empiezan a aparecer con frecuencia secuencias granocrecientes (formas de "embudo" en la curva de la diagráfía), evidenciándose sobre todo en los "logs" de Villamañán y Valencia de Don Juan. Estas secuencias son propias de una zona media a distal.

Entre los 200 y los 260 m de profundidad aparece hacia Gigosos de los Oteros una forma alargada de menor tamaño de grano que los sedimentos que la rodean, sin estructuras internas evidentes. Por debajo de ésta, a 260 m se observa una ruptura muy marcada interpretada como una discontinuidad, bajo la que se identifica una secuencia granocreciente.

A la vista de los datos sobre acuíferos, parece posible la correlación de un nivel acuífero a unos 370-380 m de profundidad, si bien no se puede confirmar el nivel a 250 m al no llegar el registro litológico a esa profundidad. En Valencia de Don Juan entre los 450 y 530 m aparece un nivel acuífero potente compuesto de gravas y arenas que en la diagráfía se perfila como un conjunto de secuencias granodecrescentes.

CORTEGR5 (San Andrés- Castrillo-León-Antibióticos, N-S)

En este corte se observa una estructura canaliforme dibujada claramente a unos 120-130 m de profundidad, de unos 70 m de espesor y unos 2 km de ancho a la altura de Castrillo de Porma. Puede corresponder a un lóbulo de abanico. Esto significaría que el aporte de los sedimentos en esta zona sigue una dirección O-E, al ser la dirección del corte N-S o aproximadamente NO-SE y al ser la estructura ligeramente asimétrica y alargada hacia el N.

También se puede encontrar otra forma canaliforme de menores dimensiones y menor tamaño de grano bajo esta estructura, en el sondeo de León a unos 200 m de profundidad, que puede corresponder a un lóbulo más distal. En superficie se dibuja otra

forma similar en la misma localidad, pero se puede tratar de un error del registro en superficie.

Se dispone de la litología del sondeo de San Andrés de Rabanedo y de Antibióticos. Basicamente las series que presentan son alternancias de arcillas con niveles de gravas principalmente. Existe un acuífero a 330 m en San Andrés de Rabanedo, que no se ha podido correlacionar mediante diagráfias. En Antibióticos entre 35 y 55 m existe un nivel acuífero de gravas que presenta los menores valores de c.p.s. y que se identifica a nivel del corte como una estructura canaliforme.

CORTEGR6 (Castrillo- León-San Andrés de Rabanedo, O-E)

Se puede observar como la forma canaliforme bajo Castrillo de Porma se extiende lateralmente hacia el E por lo que se pueden delimitar sus dimensiones aproximadamente: 90 m de espesor, 2.5 Km de ancho y más de 16 Km de lado según una dirección E-O. Se observa un predominio de secuencias granodecrecientes, con la excepción de algunas secuencias como la que forma la gran estructura canaliforme de Castrillo, que es granocreciente. El canal menor de la zona de León presenta una secuencia granodecreciente y sobre la estructura se deposita una secuencia granocreciente. Ambas son correlacionables hacia el oeste en dirección a San Andrés de Rabanedo.

Existe un nivel correlacionado mediante diagráfias a 330 m de profundidad aproximadamente a la altura de San Andrés de Rabanedo y constatado como acuífero en el registro litológico de dicho sondeo.

CORTEGR7 (Villamañán-Valencia-Gordaliza-Arenillas, O-E)

A lo largo de este corte se observa una ruptura brusca en las diagráfias marcada por un pico fácilmente correlacionable en el mismo. En la zona de Villamañán se encuentra a 260 m, mientras que en la zona de Arenillas más hacia el SO, está a unos 290 m. Se interpreta como una interrupción en la sedimentación o una discontinuidad. En este caso, se pasa de una sedimentación con predominio de sedimentos de tamaño de grano medio a grueso (arenas-limos) a una sedimentación con tamaños de grano más finos (arcillas-limos) por encima de la discontinuidad.

Es un corte E-O donde predomina la litología margosa alternando con niveles de arenas gruesas y gravas. Se puede correlacionar del mismo modo que en el corte anterior el nivel acuífero a 330 m de profundidad al E del corte.

CORTEGR8 (Gigosos-Codornillos, N-S)

Al analizar los registros litológicos de los sondeos no parece haber una relación clara entre las correlaciones realizadas mediante las diagráfias y las realizadas mediante la litología. Así se pueden identificar un nivel acuífero de 180-190 m de profundidad y otro a 325-330 m desde el O al E por medio del registro litológico.

CORTEGR9 (Codornillos-Gordaliza-Arenillas, N-S)

En este corte aparece la misma superficie de discontinuidad correlacionable de N a S a unos 250 m de profundidad. está caracterizada por un salto brusco de valores de Rayos Gamma de altos a bajos. En este caso se puede interpretar de forma contraria al caso anterior: de una sedimentación con predominio de sedimentos de tamaño de grano fino (arcillas-limos) a sedimentos de tamaño de medio a grueso (arenas-limos) por encima de la discontinuidad donde se observa el predominio de secuencias granocrecientes y zonas de tamaño de grano constante, sobre todo en la zona de Codornillos y Gordaliza,.

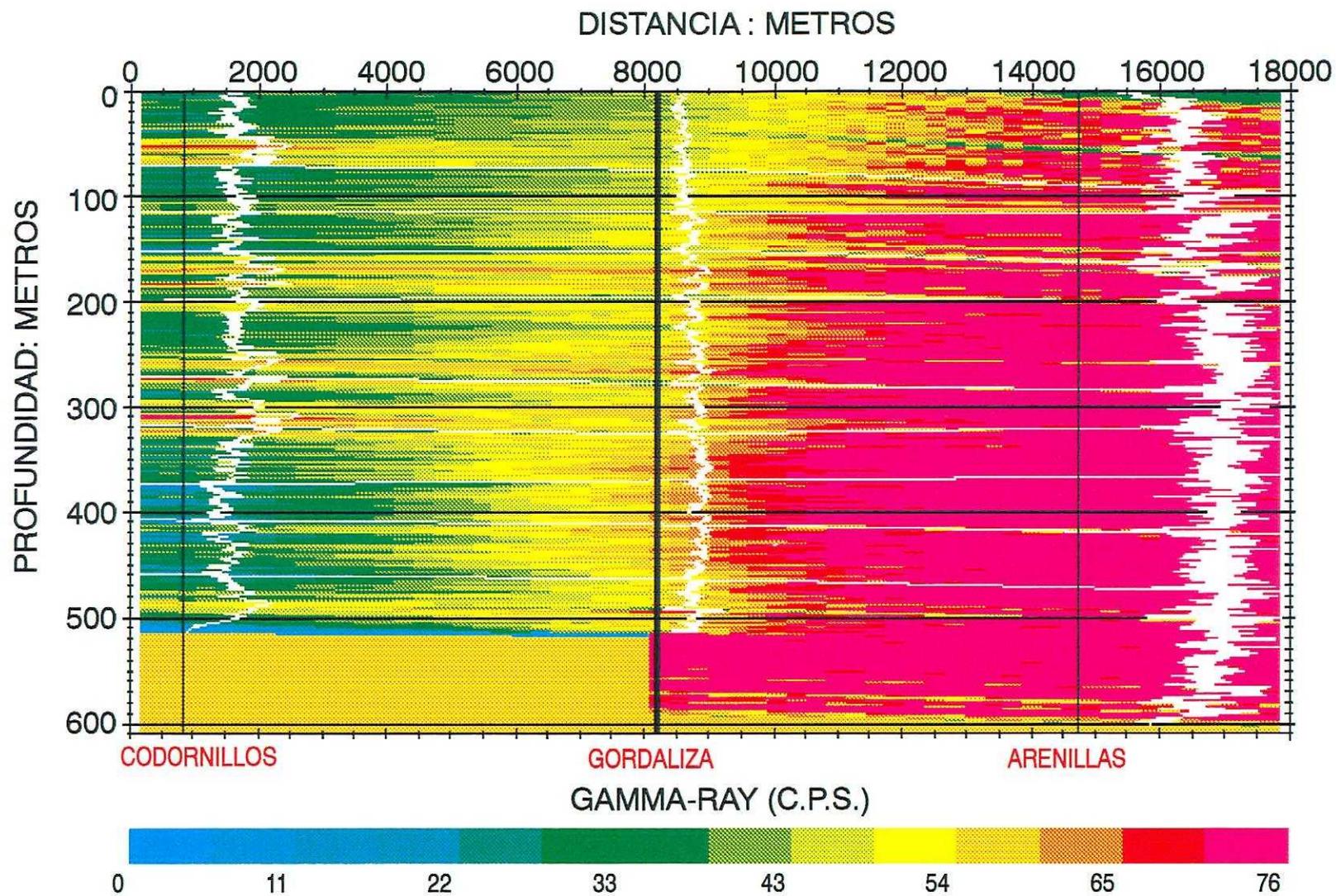
Existe un nivel acuífero de unos 5 m de potencia, formado por gravas y arenas entre margas, a 230 m de profundidad. Existe otro nivel acuífero a 345 m en el sondeo de Codornillos pero no es posible seguirlo hacia el sur de la zona.

CONCLUSIONES

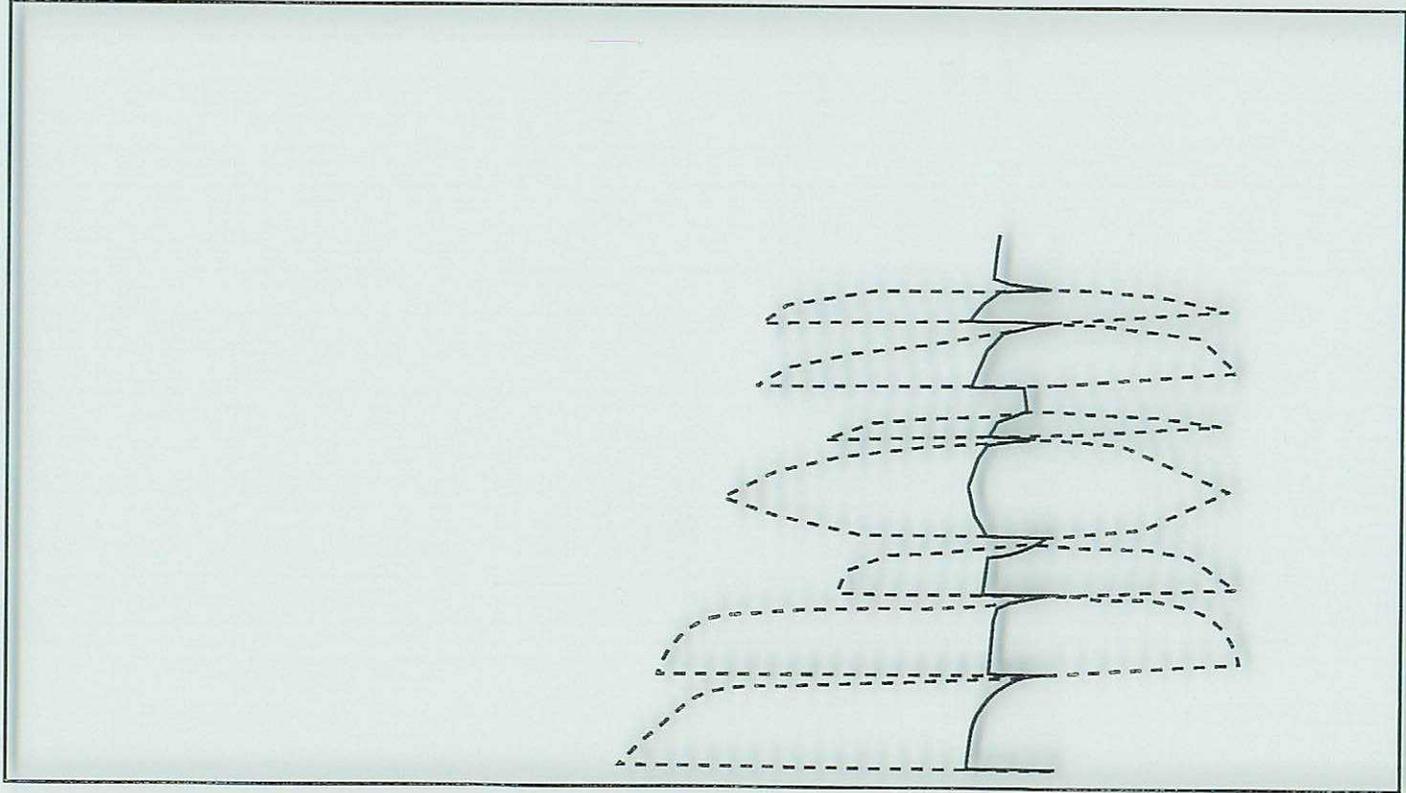
Se han podido determinar hasta 10 niveles de cantos o gravas en algún corte. Se busca generalmente el techo de una capa o de una secuencia definida por la morfología de la curva como ya ha sido descrito, más que por su valor absoluto. En algunos casos se ha podido disponer de un registro litológico con el que comparar las diagráfias.

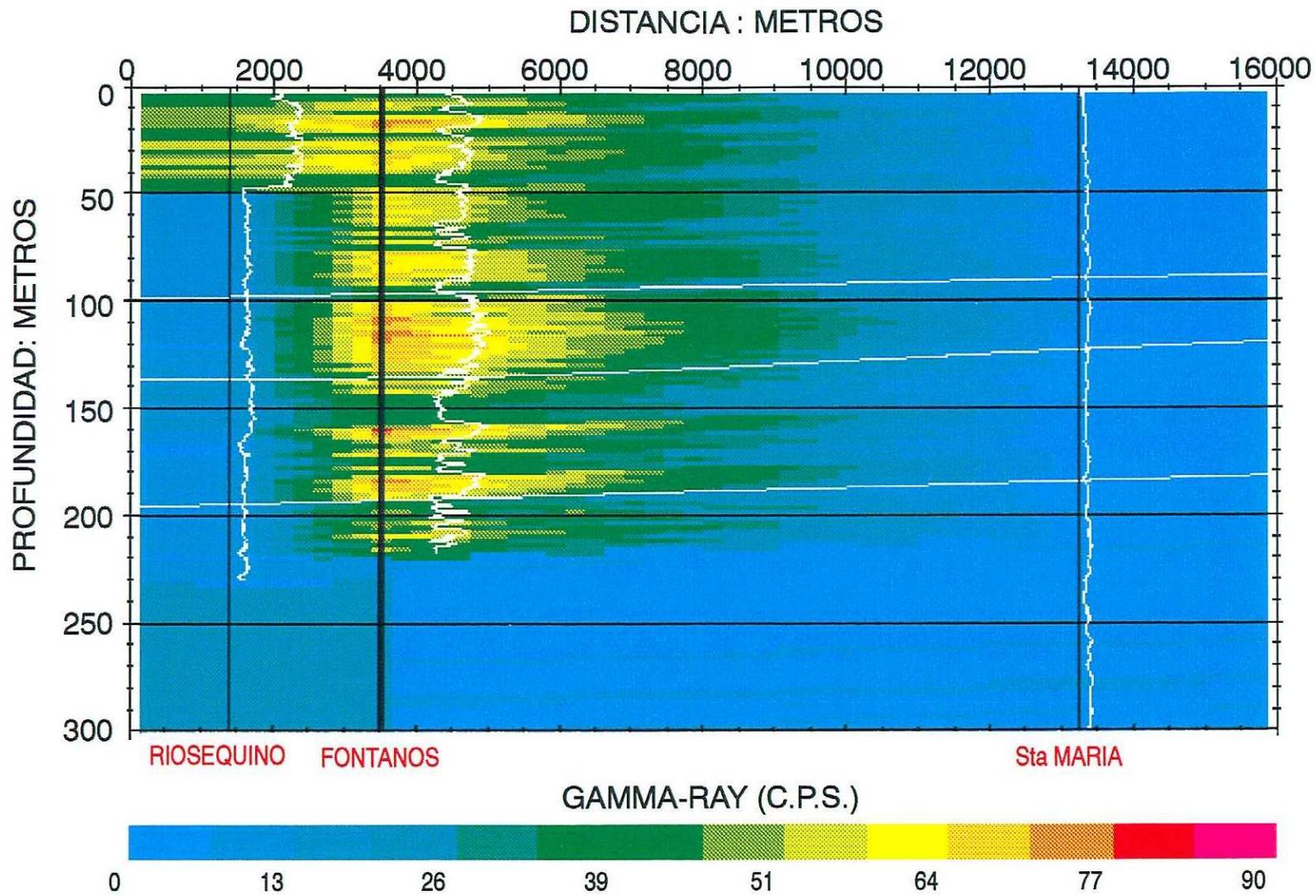
Los registros de acuíferos de Gigosos están a 121, 180, 290, 325 y 340 m de profundidad y en la diagráfia de Rayos Gamma de dicho lugar se corresponden con picos de bajo valor de c.p.s. Este criterio más la litología en otros sondeos son los datos objetivos que se tienen para determinar los niveles correlacionados.

En las correlaciones de diagráfias de Rayos Gamma se pueden intuir zonas de valores bajos de c.p.s., que en su conjunto tienen formas lenticulares. Las secuencias que describirían, de acuerdo con la metodología descrita anteriormente, son en algunos casos, como en el corte CGR2 (Fontanos-Riosequino-Sta. María), tanto positivas como negativas. (ver figura adjunta). Otros lentejones similares observados en los cortes, se encuentran a la altura de Codornillos (CGR9) y Castrillo (CGR6). Estos cuerpos, como ya se ha dicho,

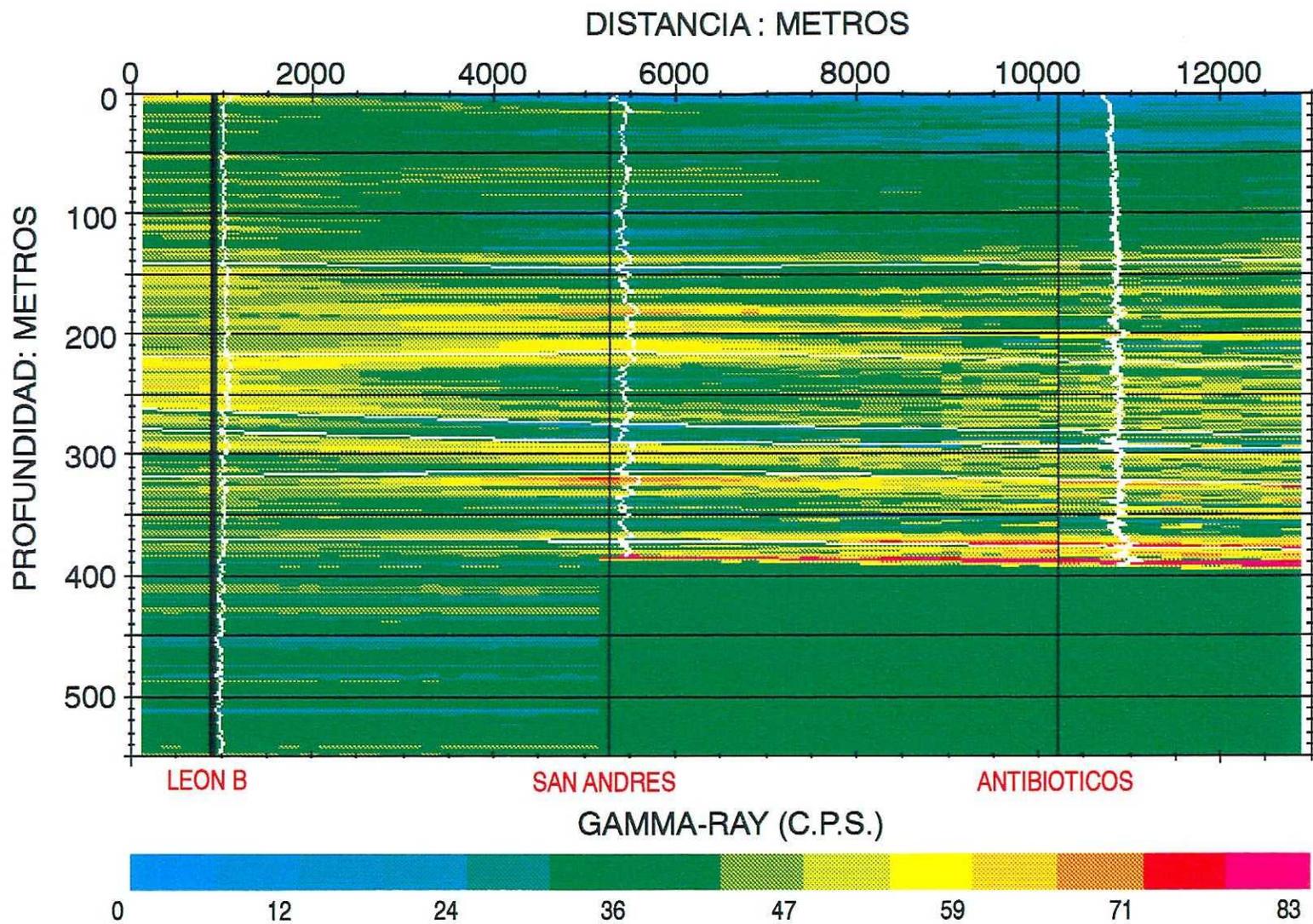


CORTEGR1 (CGR1)
CODORNILLOS-GORDALIZA-ARENILLAS
 Orientación N-S

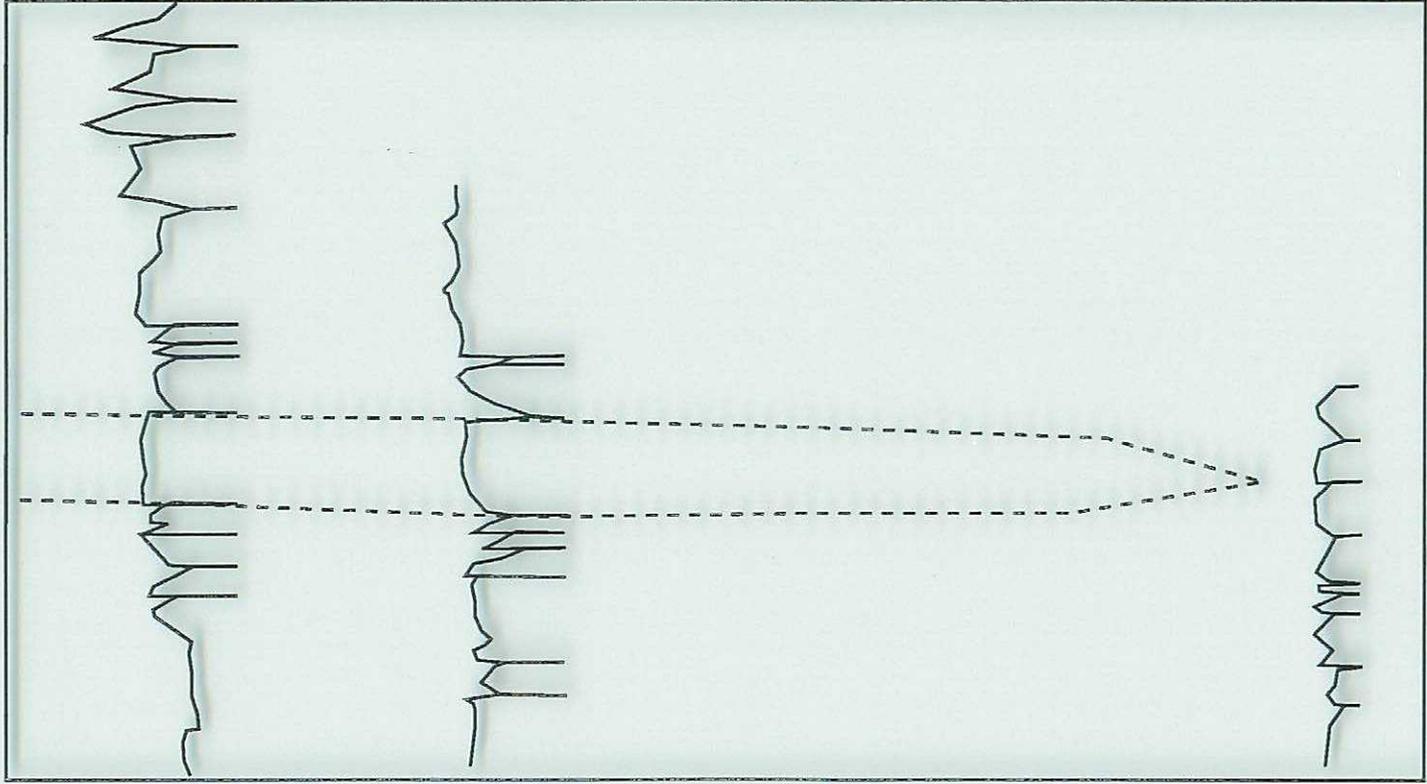


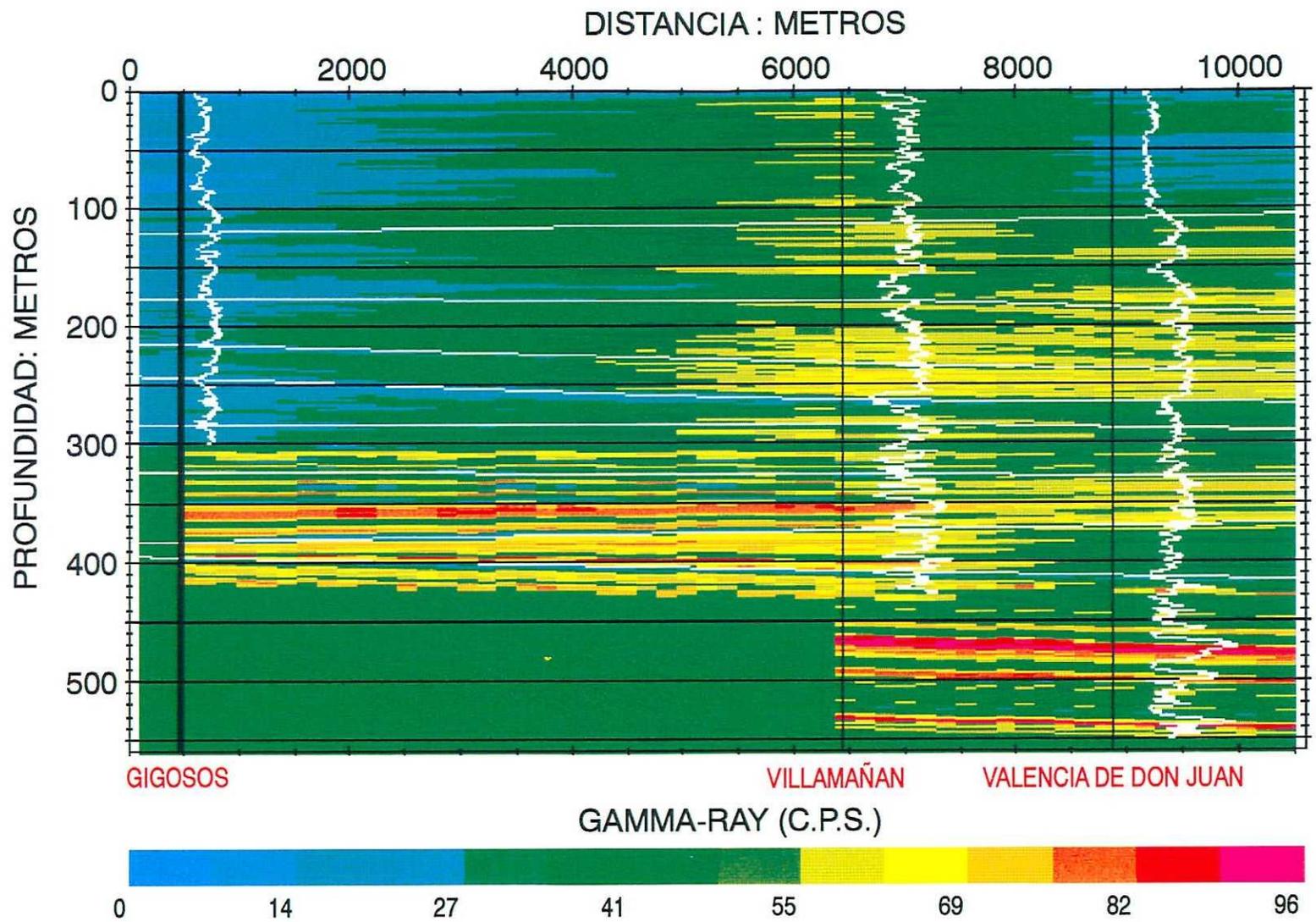


CORTEGR2 (CGR2)
RIOSEQUINO-FONTANOS-Sta MARIA
Orientación O-E

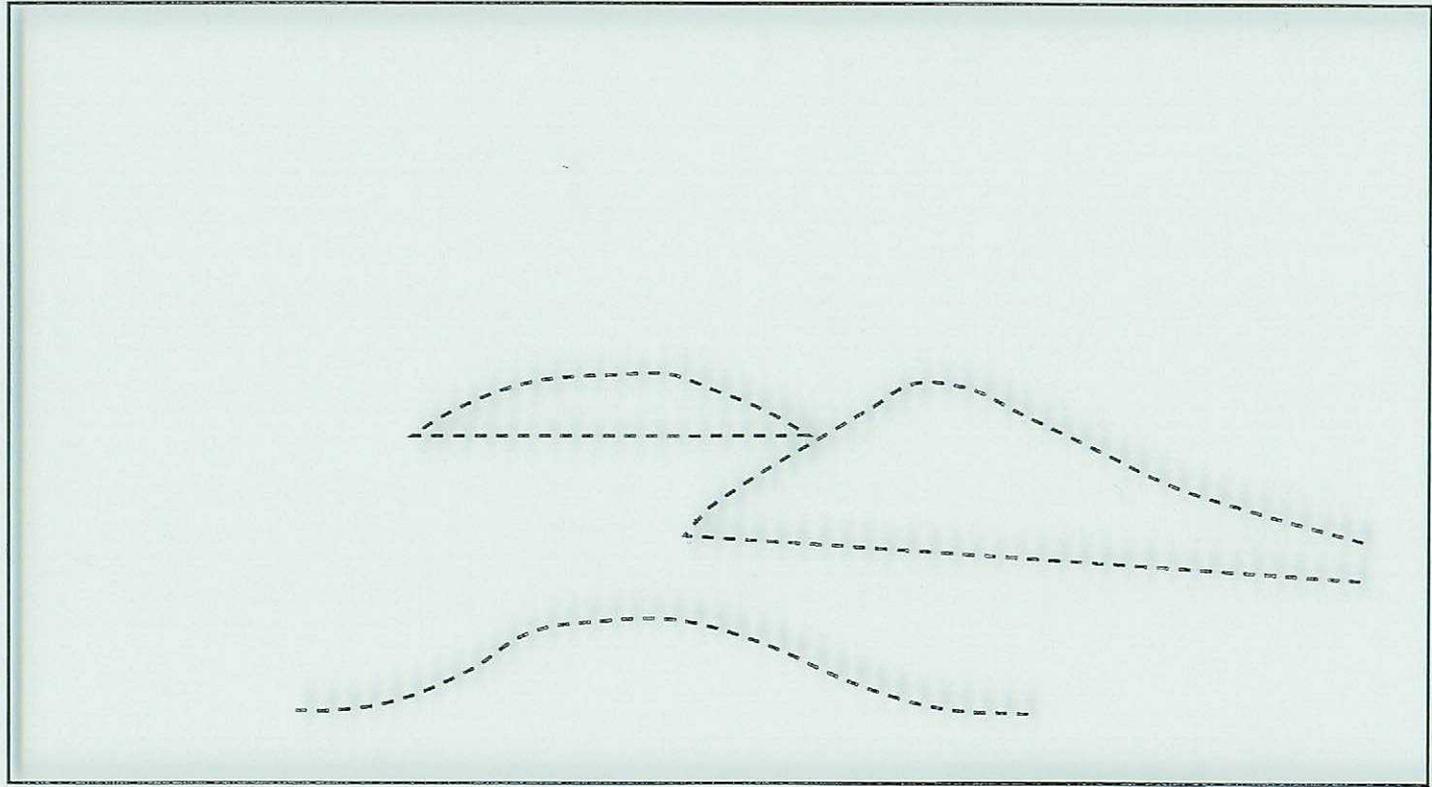


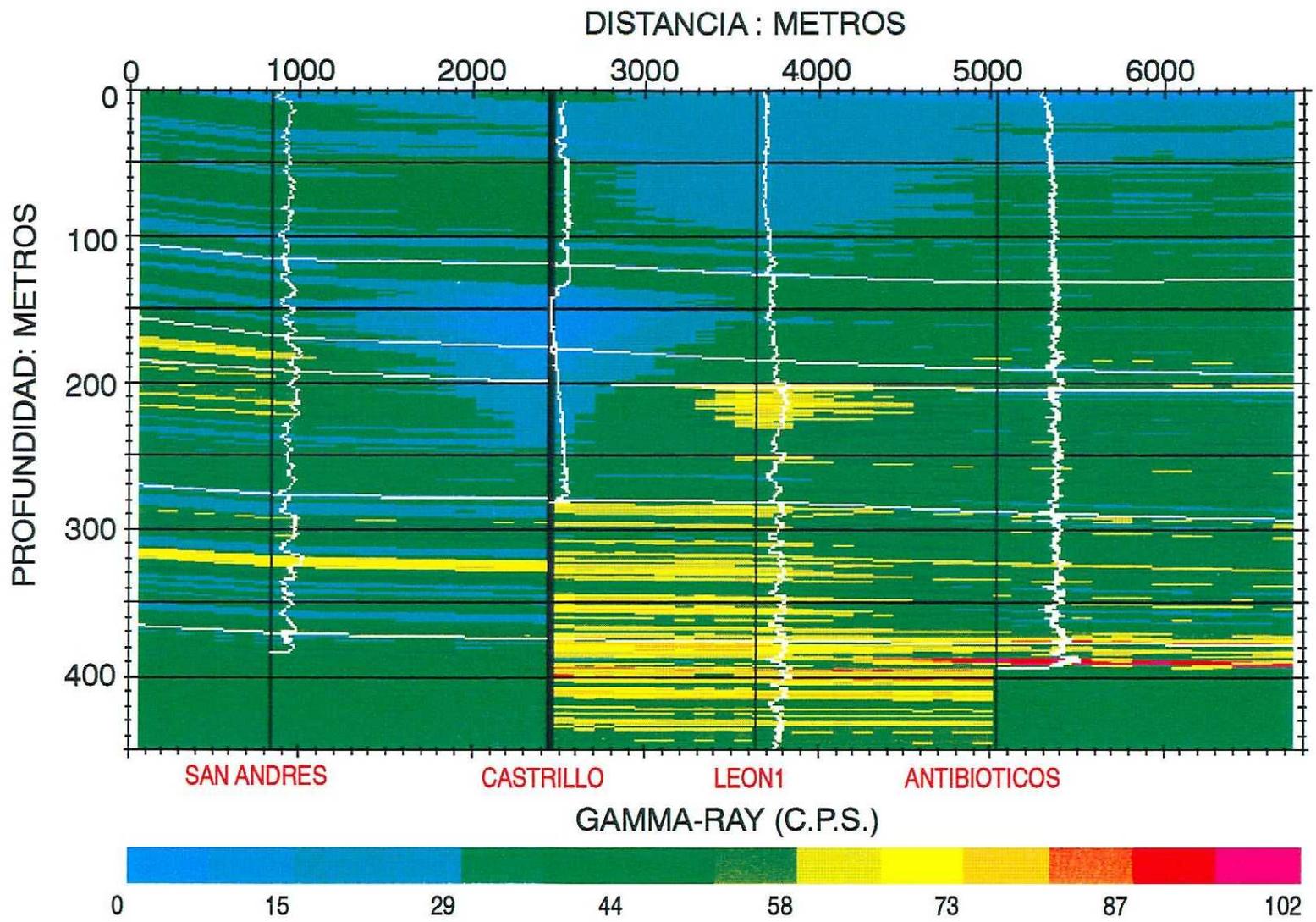
CORTEGR3 (CGR3)
LEON B-SAN ANDRES-ANTIBIOTICOS
 Orientación N-S



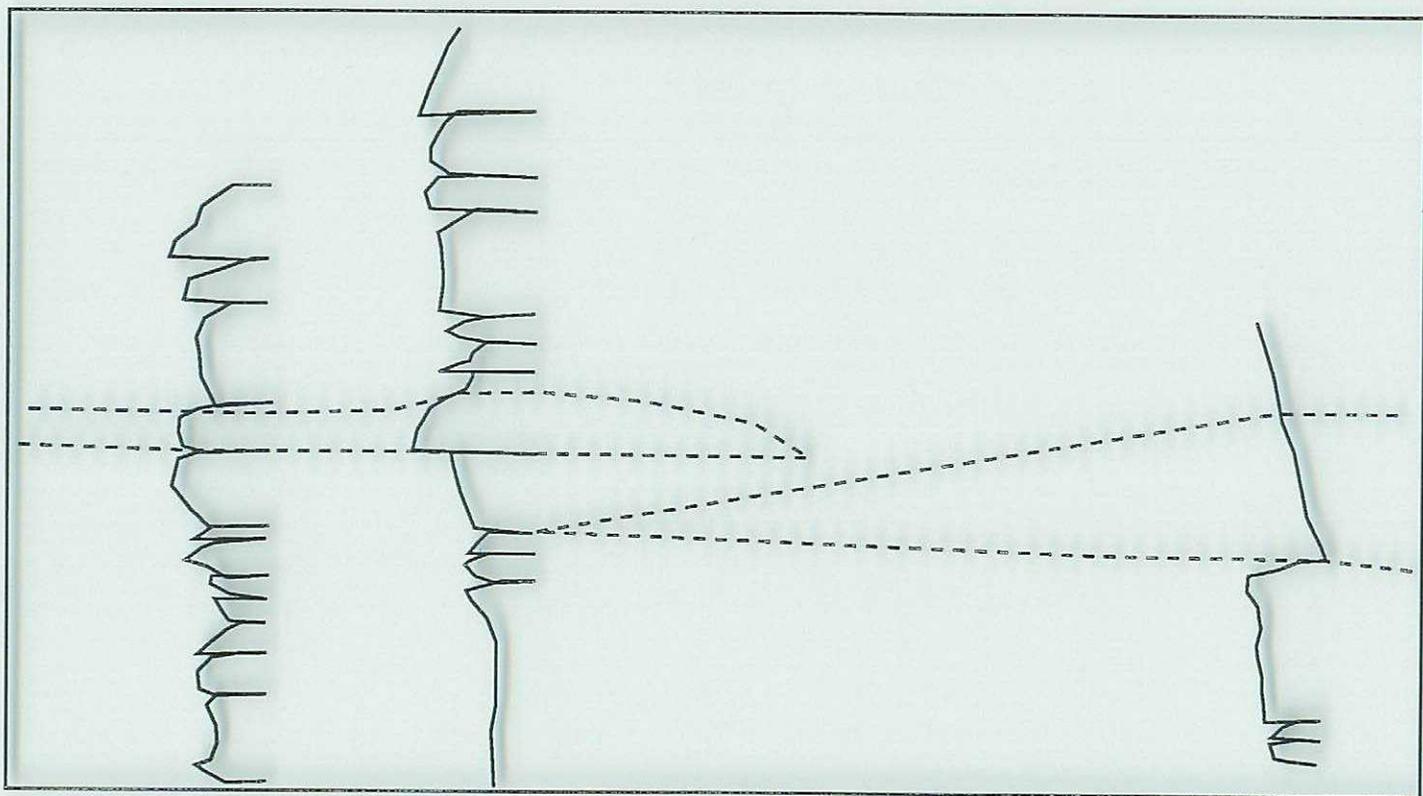


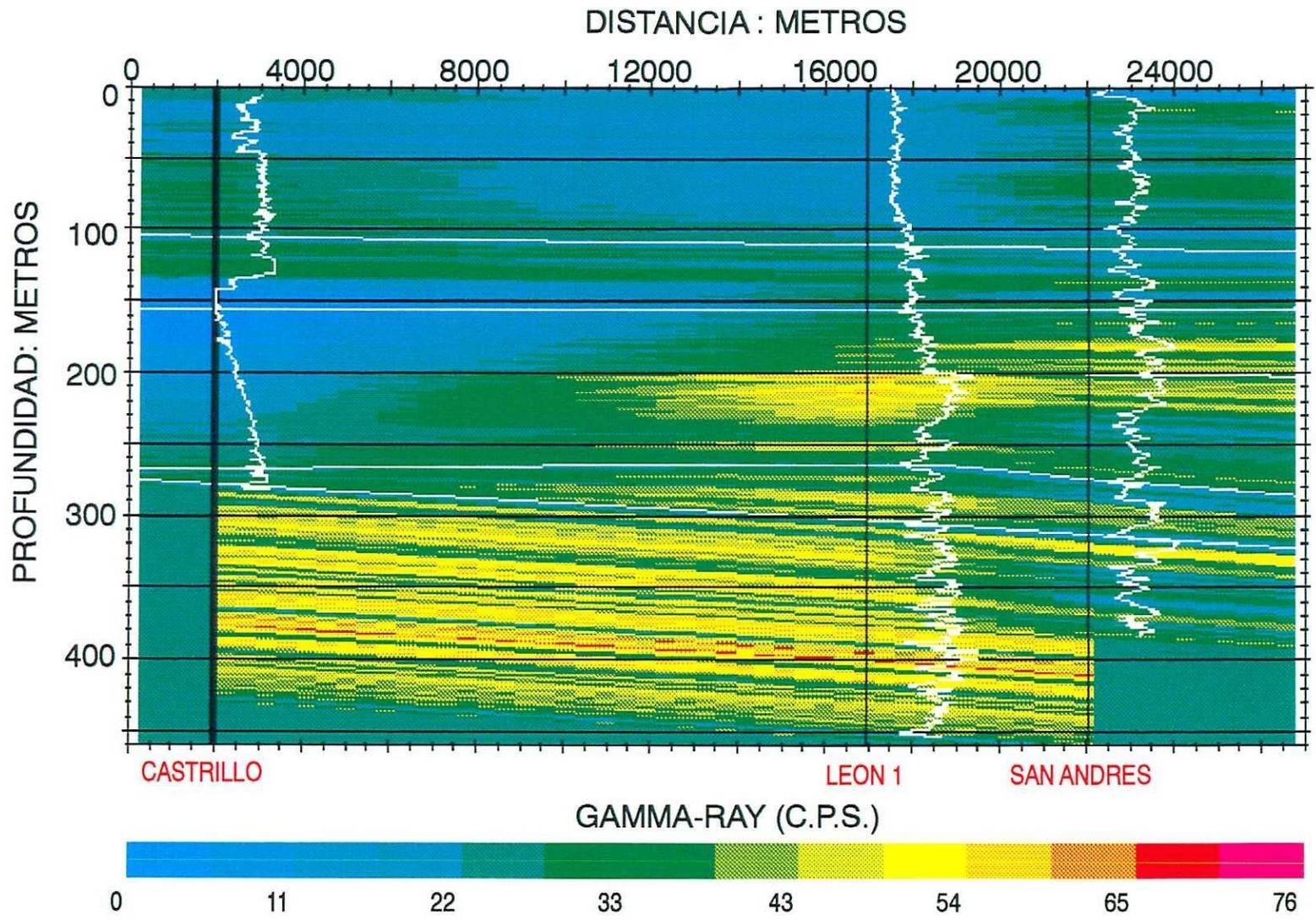
CORTEGR4 (CGR4)
GIGOSOS-VILLAMAÑAN-VALENCIA DE DON JUAN
 Orientación N-S



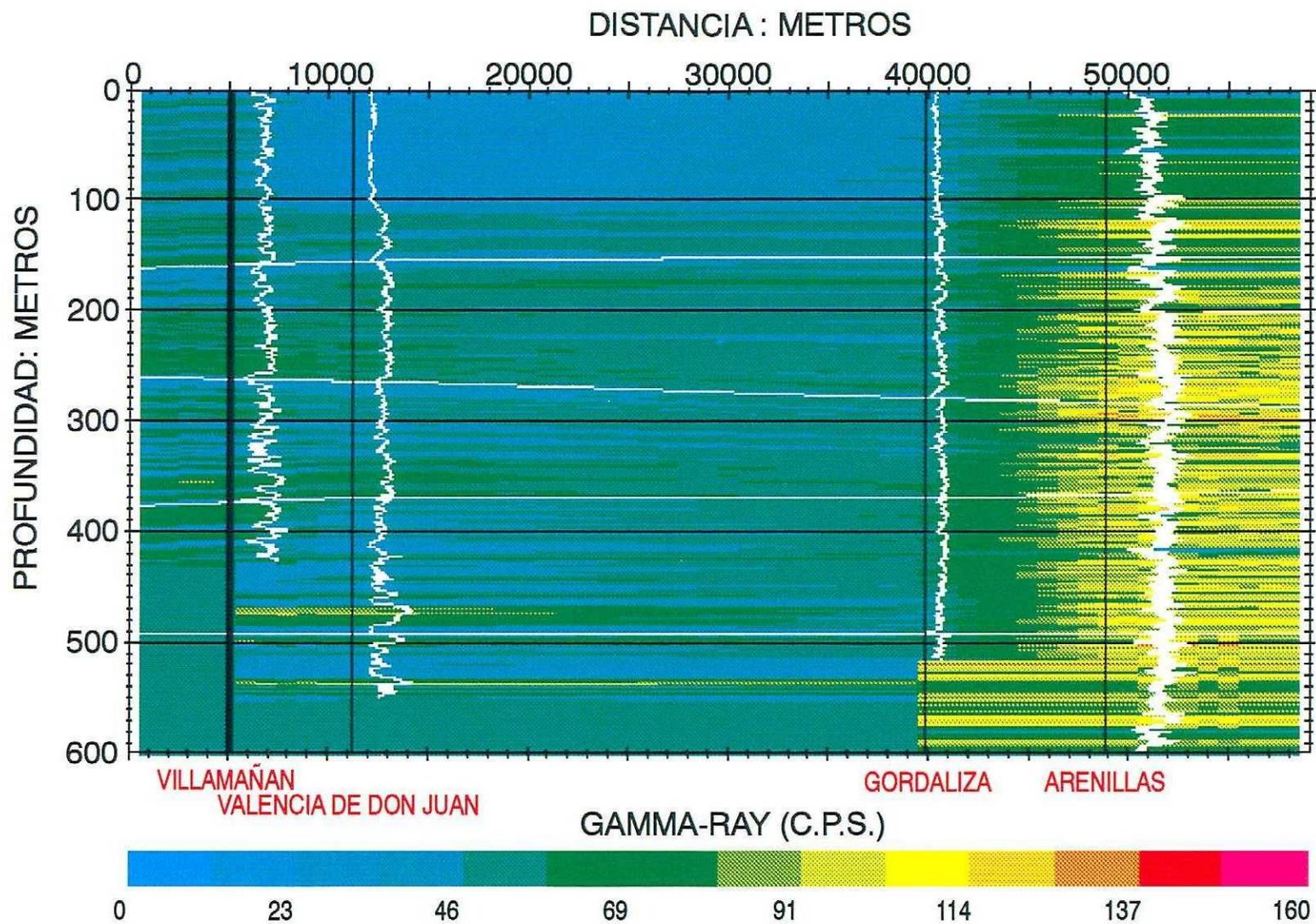


CORTEGR5 (CGR5)
SAN ANDRES-CASTRILLO-LEON1-ANTIBIOTICOS
Orientación N-S

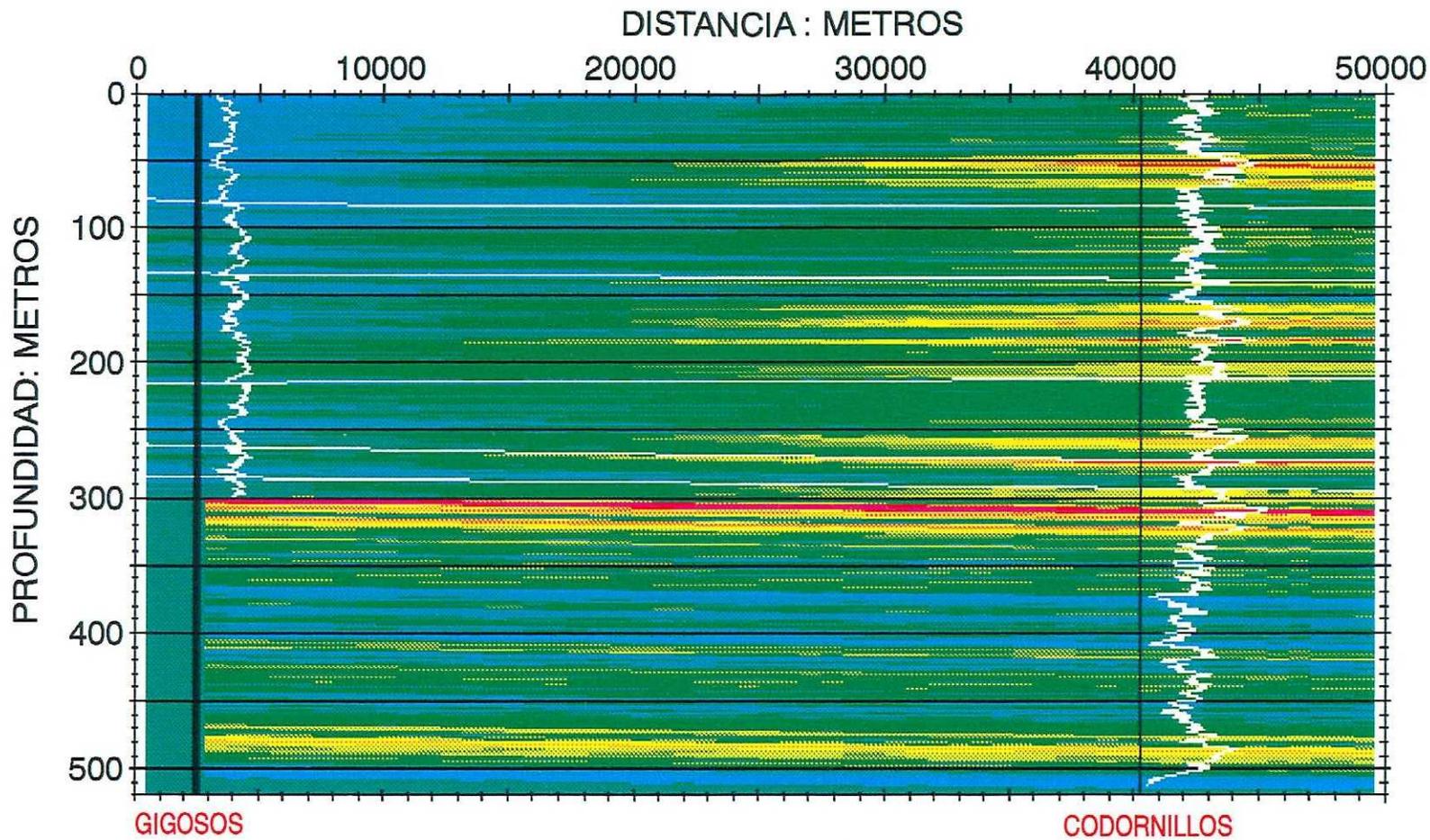




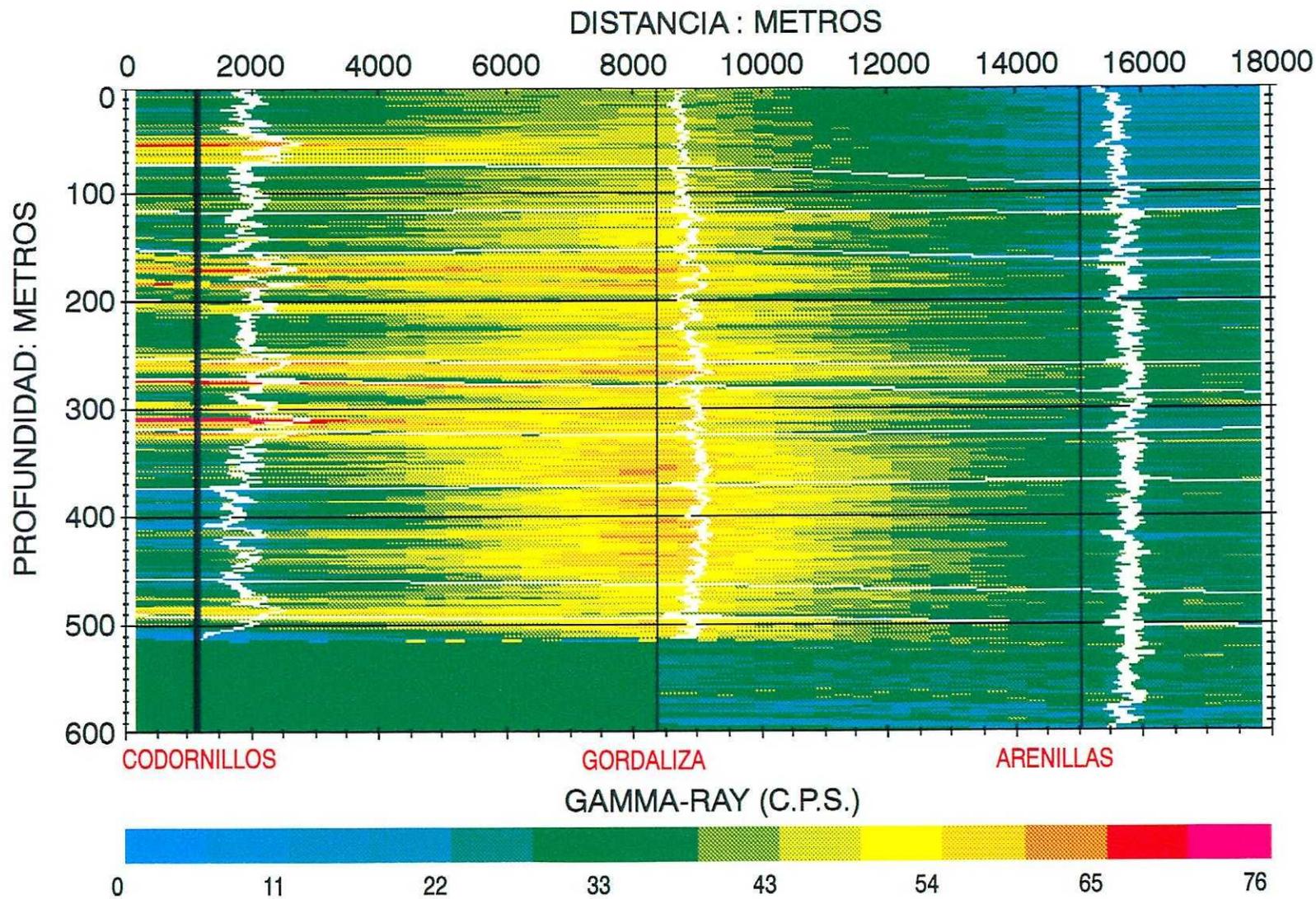
CORTEGR6 (CGR6)
CASTRILLO-LEON 1-SAN ANDRES
Orientación O-E



CORTEGR7 (CGR7)
VILLAMAÑAN-VALENCIA DE DON JUAN-GORDALIZA-ARENILLAS
 Orientación O-E



CORTEGR8 (CGR8)
GIGOSOS-CODORNILLOS
Orientación O-E



CORTEGR9 (CGR9)
CODORNILLOS-GORDALIZA-ARENILLAS
 Orientación N-S

también pueden ser interpretados como un error de calibración de los equipos y por lo tanto no tendrían ninguna indicación secuencial. Este inconveniente debe ser contrastando con los datos reales de campo.

En general los niveles correlacionados, que se corresponden con el techo de capas de gravas/cantos, se inclinan hacia el sur ligeramente dibujando la forma de la cuenca en los cortes N-S y son pseudo-horizontales en los cortes O-E. Es posible establecer una ruptura o discontinuidad sedimentaria en el corte CGR4 (Gigosos-Villamañán-Valencia) entre los 245 m al N. y 265 m al S (ver figura adjunta).

DIAGRAFIAS SONICAS O DE VELOCIDAD

GENERALIDADES

En estas diagraffías se obtienen información sobre las rocas al ser éstas atravesadas por ondas acústicas. Para ello se emiten pulsos sónicos (trenes de ondas P) de una duración aproximada de 200 ms y una periodicidad de unos 50 ms (KEAREY et al., 1992). El parámetro a determinar es el tiempo de viaje de la primera llegada para obtener la velocidad de las ondas P en las rocas adyacentes.

La diagraffa sónica nos proporciona el intervalo de tiempo para que una onda acústica viaje un pie, y se expresa en ms/ft (milisegundo/pie). A este parámetro se le llama tiempo de tránsito de la formación, Dt. Para algunas rocas tales como las areniscas el tiempo de intervalo no depende de factores como el agua de la formación, arcillas o limos presentes en los espacios vacíos. En areniscas la porosidad es de un 70 a un 90 % de la porosidad calculada cuando los huecos están rellenos de agua o gas. En arenas no consolidadas la porosidad se corrige dividiendo 1/100 de los tiempos de tránsito (ms/ft) de las lutitas adyacentes (cuando el tiempo de tránsito es mayor a 100 ms/ft).

El tiempo de tránsito aumenta con la profundidad de manera constante, excepto cuando la lutita ha sufrido una sobrepresión, por ello un salto brusco en la diagraffa es una indicación de una situación de presión anómala (THROCKMORTON & AL-SHAIEB, 1986).

UNIDADES Y PARÁMETROS

Se calcula el **Tiempo de Tránsito** (Δt) en ms. Los tiempos de tránsito de intervalo están entre los 40 y los 140 ms, siendo estos los extremos de la escala aritmética usada generalmente para estas diagragfías. La velocidad de propagación es el inverso de este valor: $ft/s = 1/\Delta t$. La conversión realizada para obtener la velocidad en m/s es:

$$[0.3048 \text{ m/s}] / [\Delta t (\text{ms/ft}) * 10^{-6} \text{ s/ms}] = \text{--- m/s}$$

En la diagragfía sónica o de velocidad se obtiene la velocidad y los tiempos de viaje integrados para dar una relación tiempo -profundidad. De esta manera son una herramienta útil para identificar reflectores en perfiles sísmicos (ANDERSON & CASTAGNA, 1984).

La **Impedancia Acústica** es otro parámetro utilizado, que es calculado directamente por el programa informático, definido como el producto de la velocidad por la densidad. El contraste entre las impedancias acústicas en estratos adyacentes es lo que produce la reflexión de las ondas. Este contraste es el que nos proporciona el **Coefficiente de Reflexión** o **Series RC**.

$$RC = [Im \text{ ped. Ac. Inf.} - Im \text{ ped. Ac. Sup.}] / [Im \text{ ped. Ac. Inf.} + Im \text{ ped. Ac. Sup.}]$$

$$RC = \frac{[D_2 V_2 - D_1 V_1]}{[D_2 V_2 + D_1 V_1]}$$

Un **Sismograma Sintético** consiste en el cálculo por medio de un programa informático de pulsos acústicos que dan lugar a una traza sísmica a partir de datos sónicos. La variación de la velocidad de propagación sísmica en las rocas es bastante mayor que la de la densidad y por lo tanto es el principal factor condicionante de la reflexión de las ondas. También la anisotropía juega un importante papel, así por ejemplo, en las lutitas la velocidad es aproximadamente un 10-20 % mayor en la dirección de la laminación que en una dirección perpendicular a ella. De la misma manera, los efectos de la compactación y la litificación son importantes ya que la velocidad aumenta con la profundidad de enterramiento (PEIKERT, 1986).

FAUST (1951) basandose en el estudio de la velocidad de propagación sísmica en formaciones sedimentarias en Norte América da la siguiente fórmula empírica.

$$V_p = 45.6 (ZT)^{1/6} \text{ m/s}$$

Donde Z, es la profundidad de enterramiento y T es la edad geológica en años. Otras fórmulas empíricas como la ley de Gardner, han sido utilizadas para hallar la relación velocidad-densidad.

$$\text{Densidad (gr/cm}^3\text{)} = 0.23 (\text{Velocidad, ft/s})^{1/4}$$

Otro factor a considerar es el AGC o Automatic Gain Control, (Control de Ganancia Automática) que es un procedimiento por el cual se da una escala diferente a una traza sísmica de manera que la traza original es normalizada mediante un filtro promedio móvil, de manera que aumenta las amplitudes menores de las trazas en relación con las mayores.

CORRELACIONES DE DIAGRAFÍAS SÓNICAS

Pasaremos ahora a describir aquellos cortes realizados a partir de las diagrafías sónicas o de velocidad que han proporcionado datos de interés, algunos de los cortes realizados fueron desechados por no aportar datos de interés (Ver ANEXO III).

CORTEVEL2 (Sta. María del Monte Condado-Valverde, SO-NE)

En este corte se han correlacionado los picos de la curva de mayor valor que corresponden a niveles de mayor tamaño de grano. En base a la testificación litológica disponible, podemos afirmar que los niveles correlacionados se corresponden con niveles de gravas a 160, 170, 190, 300, 335, 410 y 425 m aproximadamente.

CORTEVEL3 (Crulleros-Cembranos-Fresnellino-Fontecha, N-S)

Se trata de un corte N-S, en el que se puede observar una estructura en forma de canal, bajo Fresnellino del Monte, con valores de velocidad de propagación de medios a bajos (tamaño de grano limo-arcilla aproximadamente), flanqueado a ambos lados por dos zonas arenosas. Esto puede ser interpretado como una imbricación de lóbulos deposicionales o lóbulos de abanico. Al ser la dirección del corte N-S y la estructura central, de mayor tamaño de grano relativo, aproximadamente simétrica puede indicar una dirección de paleo-corriente O-E o NO-SE, al ser un poco más alargado el cuerpo hacia el N.

En el corte se puede distinguir que las zonas arenosas de Fontecha y Grulleros están compuestas por *secuencias granodecrecientes* bien marcadas por la propia curva de la

diagráfia que las va dibujando. En la zona de Fontecha se distinguen hasta 5 secuencias granodecrecientes de 30 a 50 m, formando en total un conjunto de más de 200 m de potencia por debajo de 120 m.

Se dispone de litología de los sondeos de Fresnellino del Monte y Cembranos. No se puede determinar ningún tipo de secuencia en ninguna de las columnas, pero si se puede determinar que en Cembranos los niveles de arenas están más espaciados y a menudo se encuentran mezclados con arcillas, mientras en Fresnellino, más hacia el sur, los niveles de arenas son más delgados, más numerosos y poco espaciados.

CORTEVELA (Leon-Villaverde-Vega de los Infanzones, N-S)

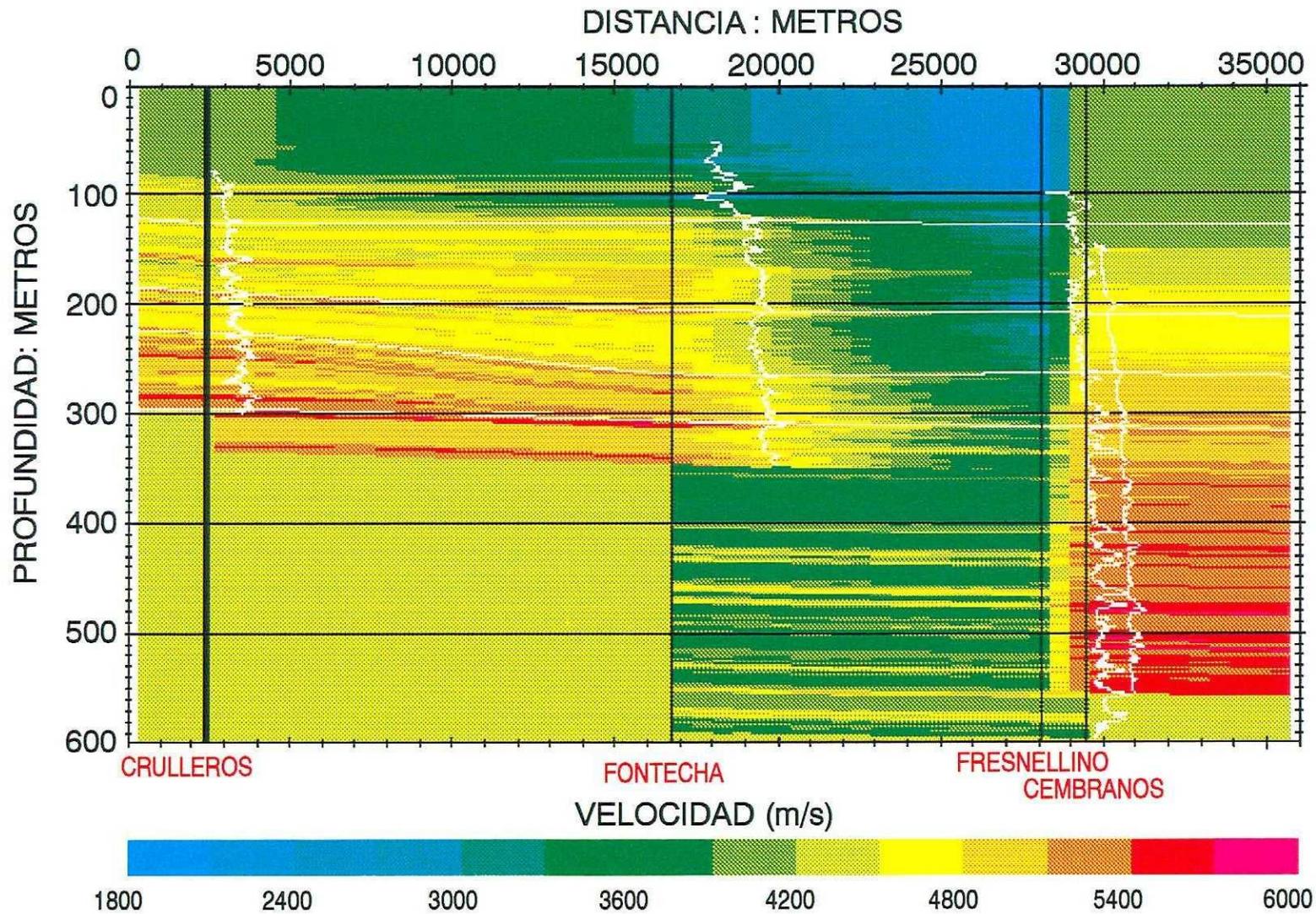
En este corte se puede determinar la existencia de una capa de un espesor de unos 15 m aproximadamente de arenas-gravas (de 65 a 80 m de profundidad). Aunque no se puede ver su continuidad lateral en otros cortes. Se advierte la presencia de otra capa entre 135 y 150 m que se acuña. La correlación litológica entre estos tres sondeos es bastante difícil pues presentan muy diferentes secuencias y ordenación de las litologías, unido esto a la gran distancia entre ellos, que es también un condicionante importante de cara a la credibilidad de esta correlación.

CORTEVEL5 (Villaverde-Sta.María del Monte de Cea-Codornillos,O-E)

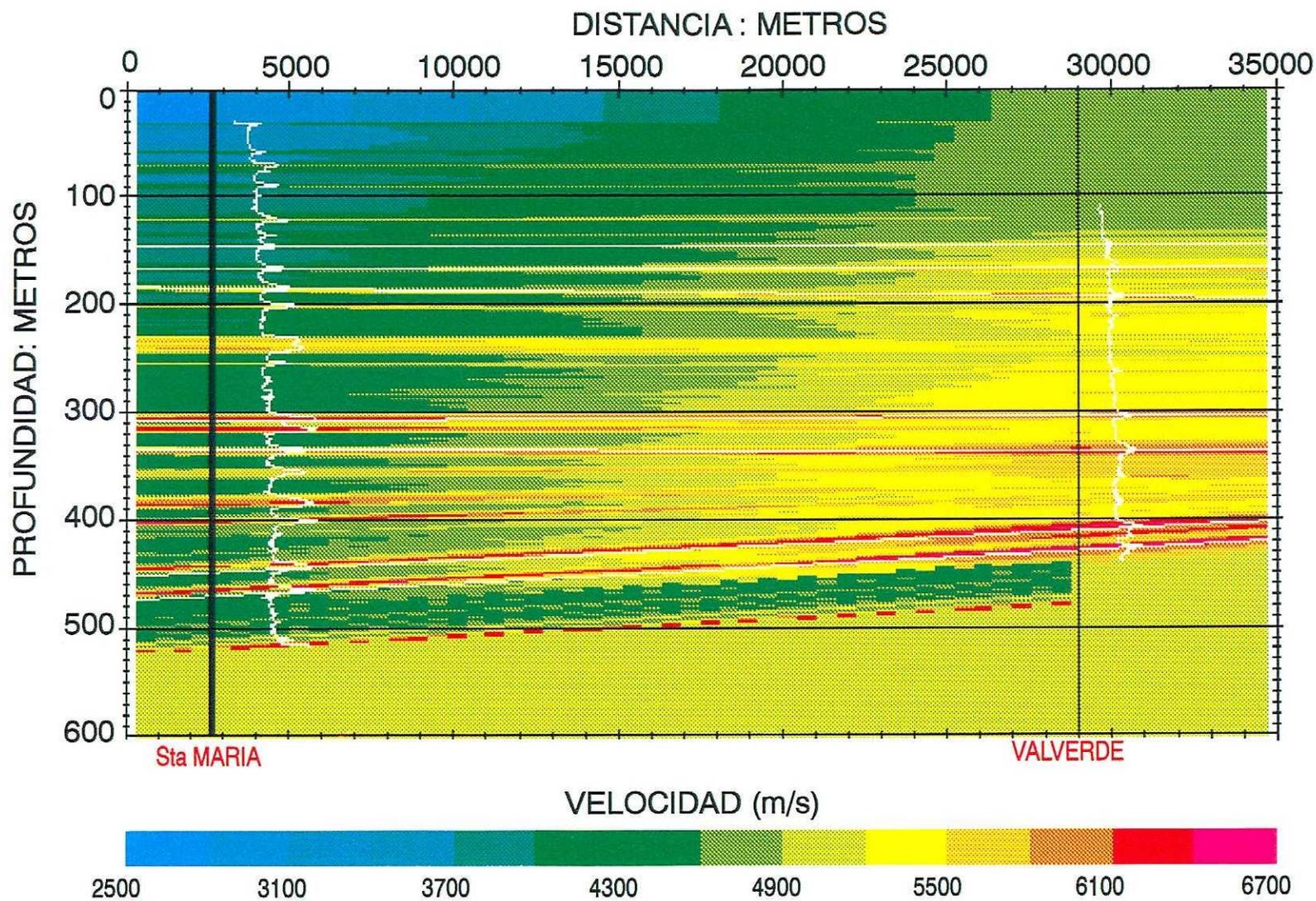
En esta correlación se puede apreciar también la mencionada capa entre 65 y 80 m y se puede ver como va disminuyendo su espesor hasta desaparecer hacia el sur. Hay otra capa entre 140 y 155 m que también tiene continuidad lateral en esta dirección N-S. Se advierte también la presencia de otra estructura lobular de mayor tamaño de grano relativo, de forma simétrica y de unos 90 m de espesor, formada por una secuencia granodecreciente. La anchura de este cuerpo en planta es de unos 10 Km. Por encima existe otra forma de las mismas características pero de menores dimensiones: 15 m de espesor y 5 Km de ancho. La simetría de estas formas y la dirección del corte también indican una dirección de aporte aproximada O-E. Se pueden diferenciar varias secuencias granodecrecientes, y en la zona más hacia el sur empiezan a aparecer algunas secuencias granocrecientes intercaladas.

Se dispone del registro litológico de Santa María del Monte de Cea. En este caso se ve también una correspondencia exacta entre los picos de mayor valor de la curva de velocidad y las capas de arenas y gravas. Así, a 250 y 280 m de profundidad existe una zona de gravas que se corresponden con sendos picos marcados.

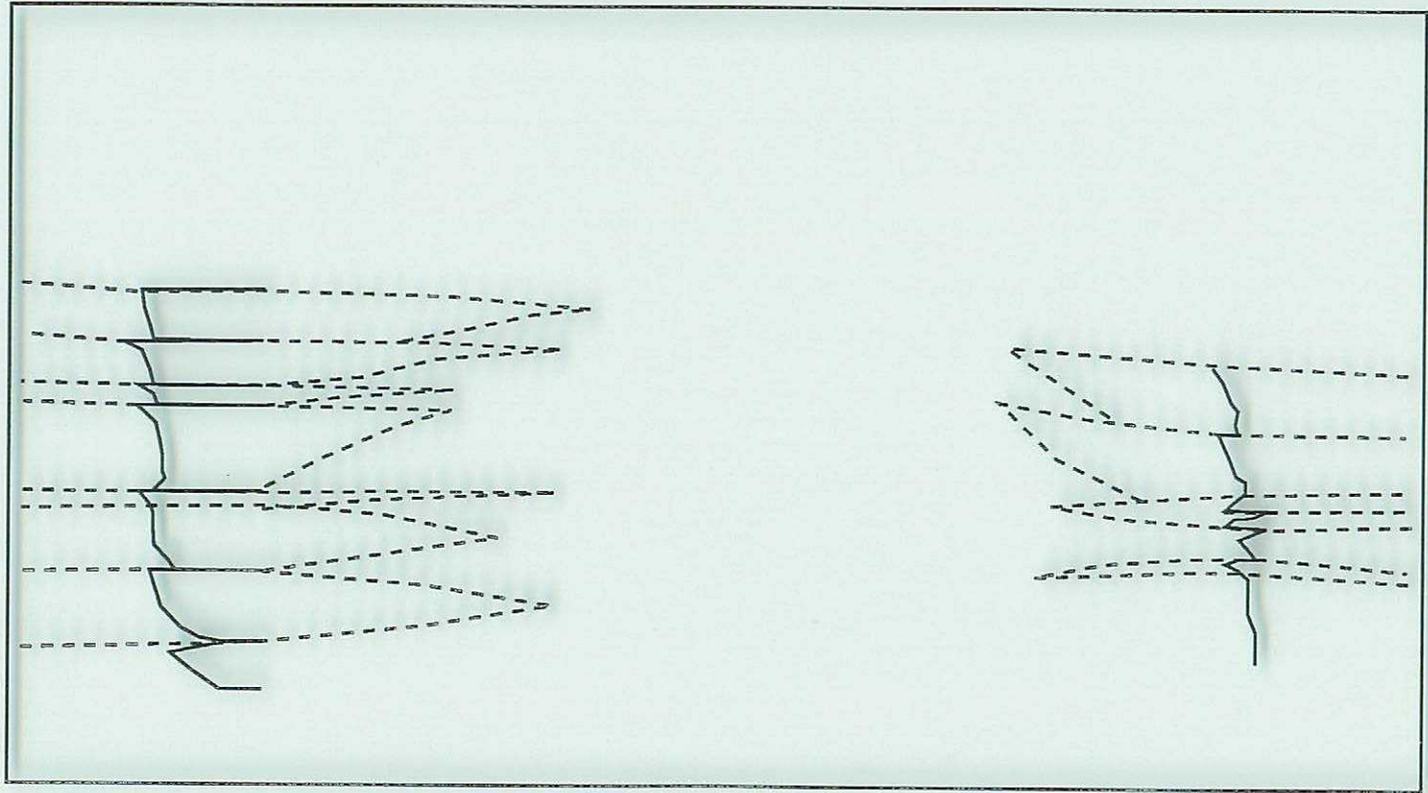
El efecto que se observa en la parte más profunda de esta diagráfia, fue interpretado en un principio como un cuerpo lenticular compuesto por una megasecuencia

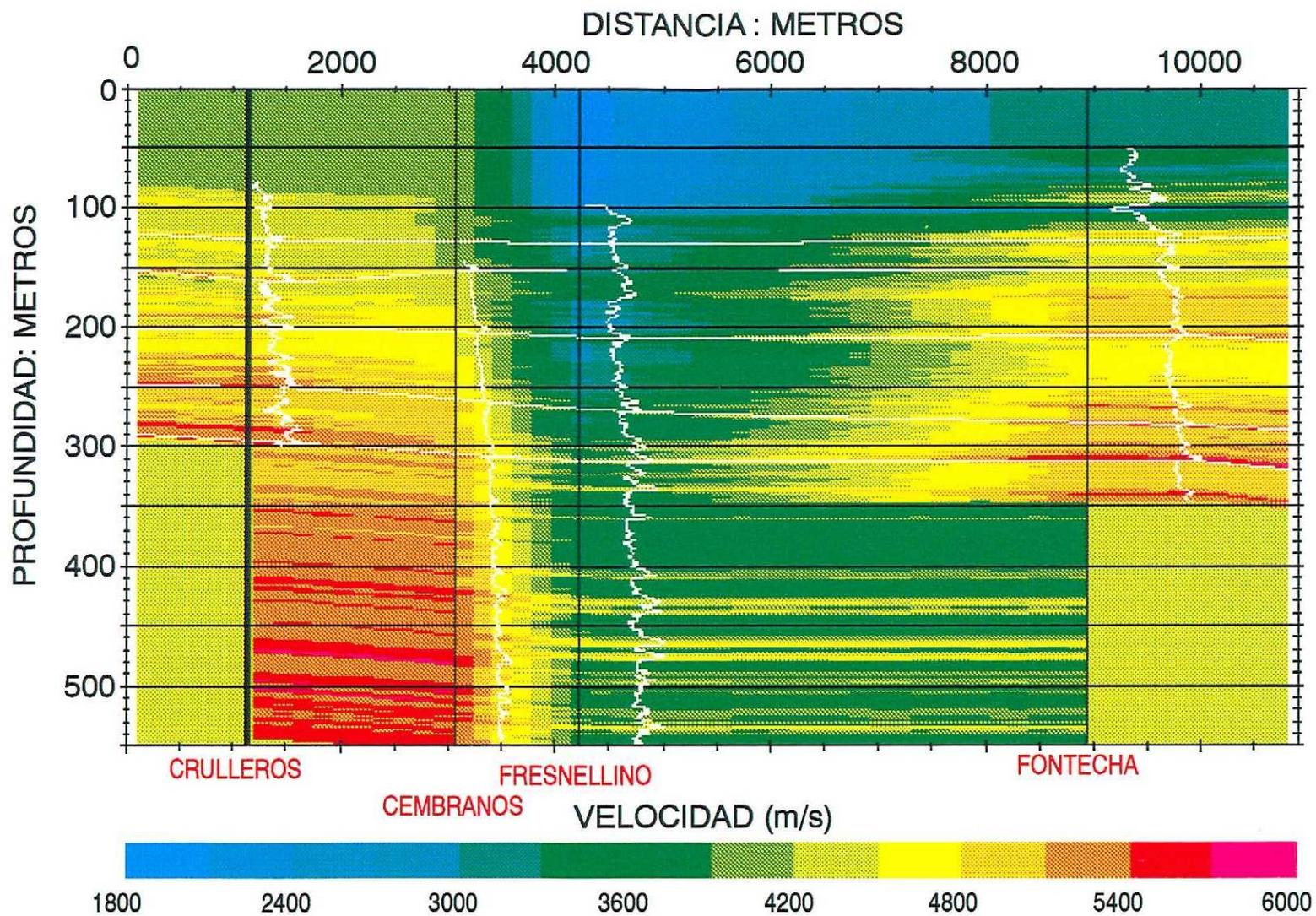


CORTEVELL1 (CVELL1)
 CRULLEROS-FONTECHA-FRESNELLINO-CEMBRANOS
 Orientación N-S



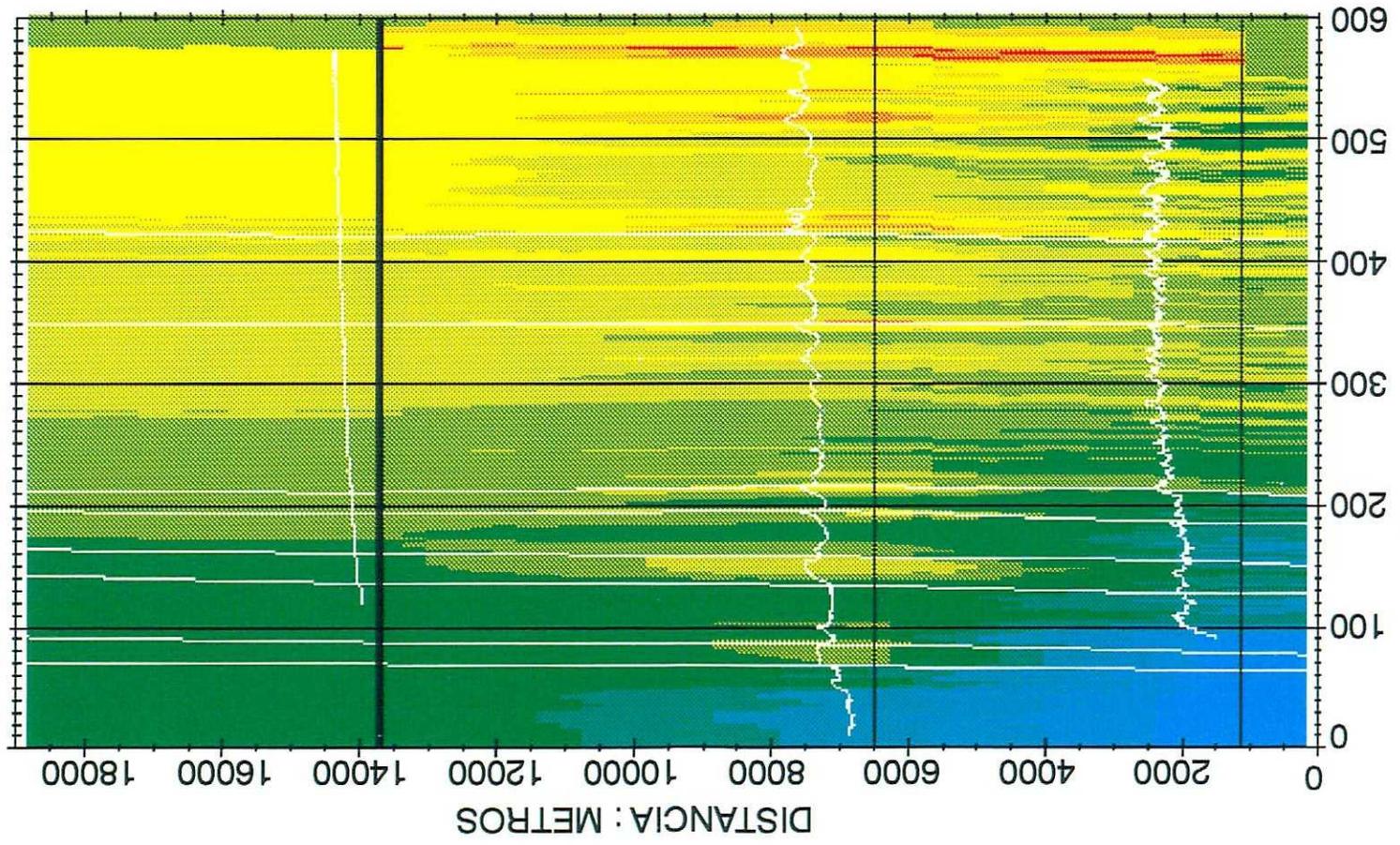
CORTEVEL2 (CVEL2)
Sta MARIA-VALVERDE
Orientación SO-NE

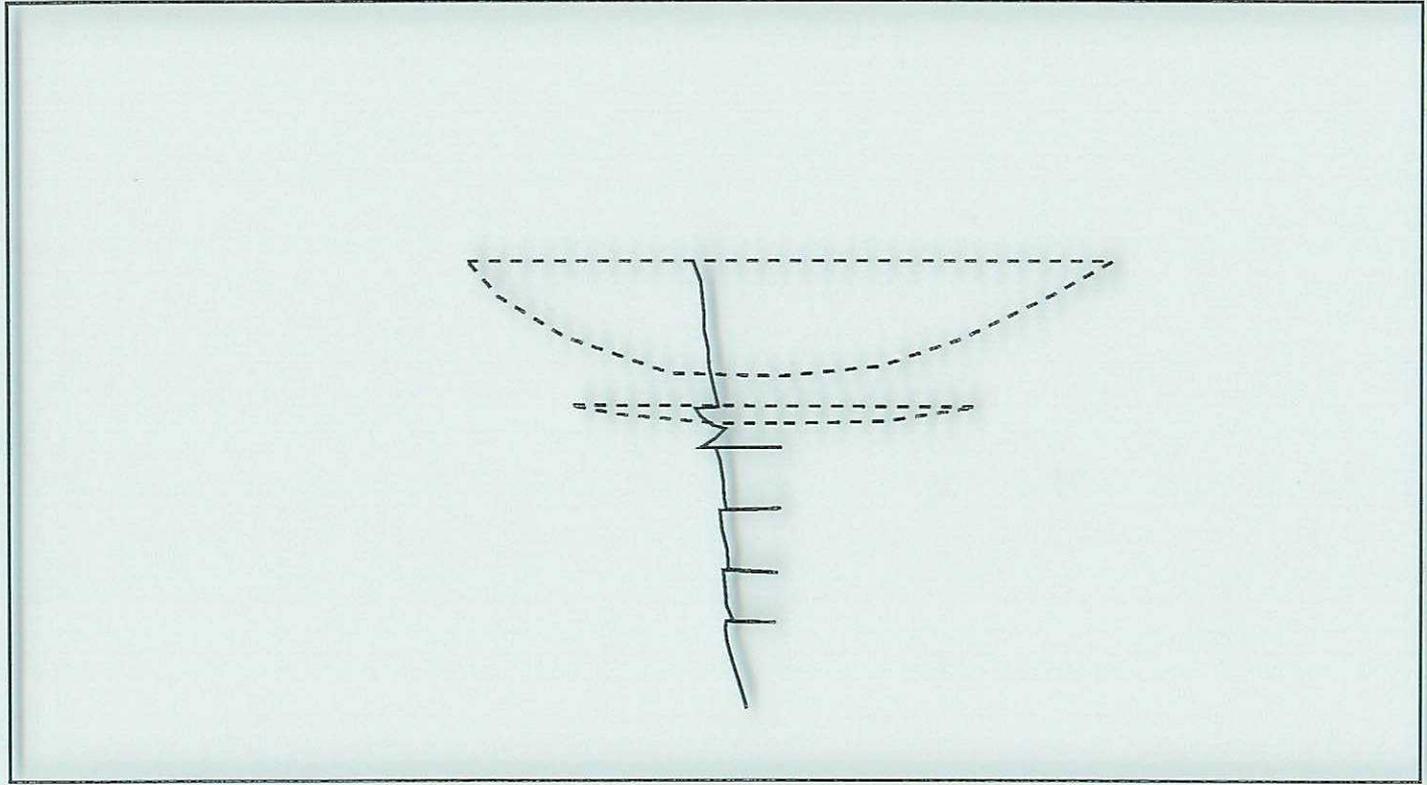




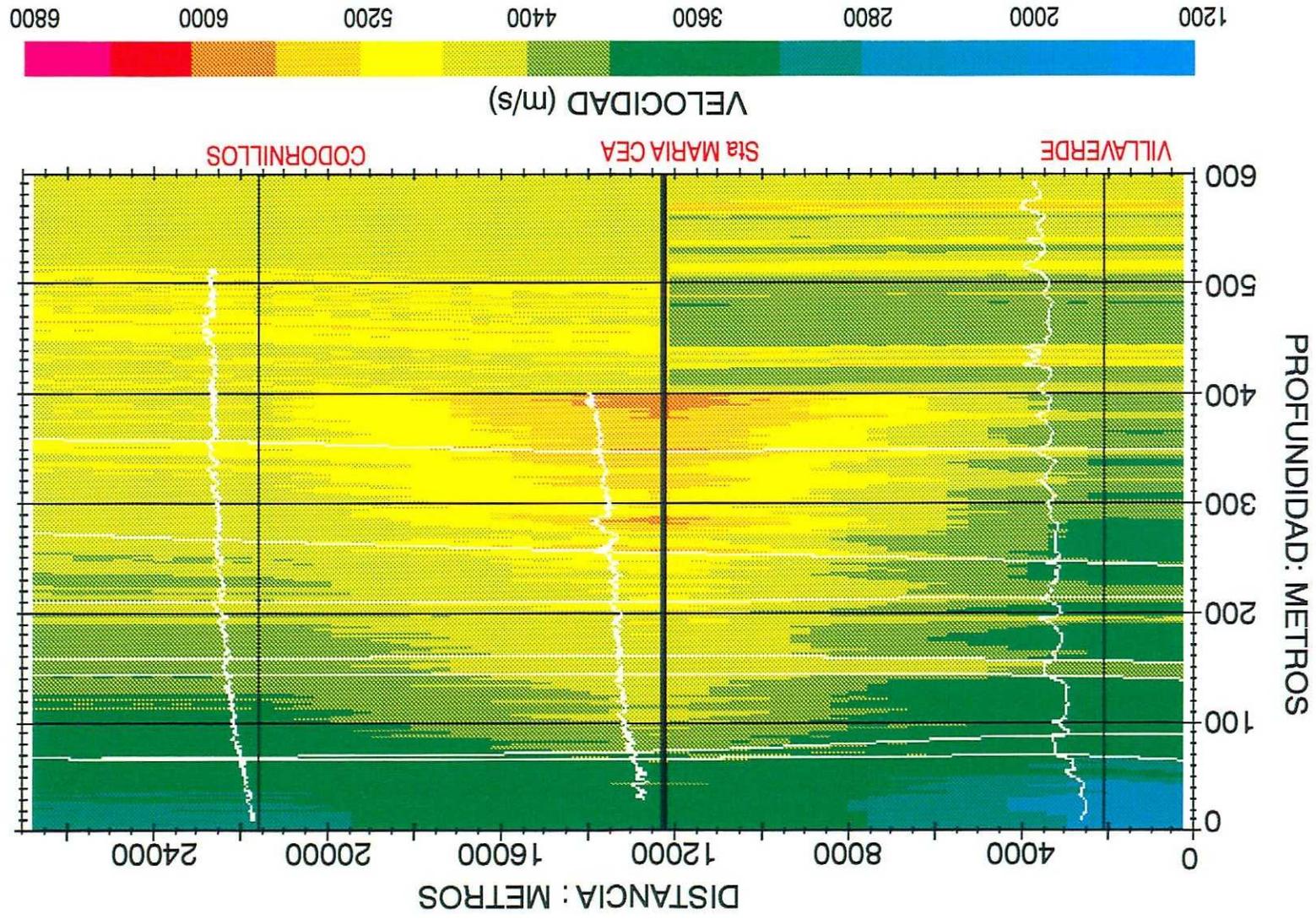
CORTEVEL3 (CVEL3)
 CRULLEROS-CEMBRANOS-FRESNELLINO-FONTECHA
 Orientación N-S

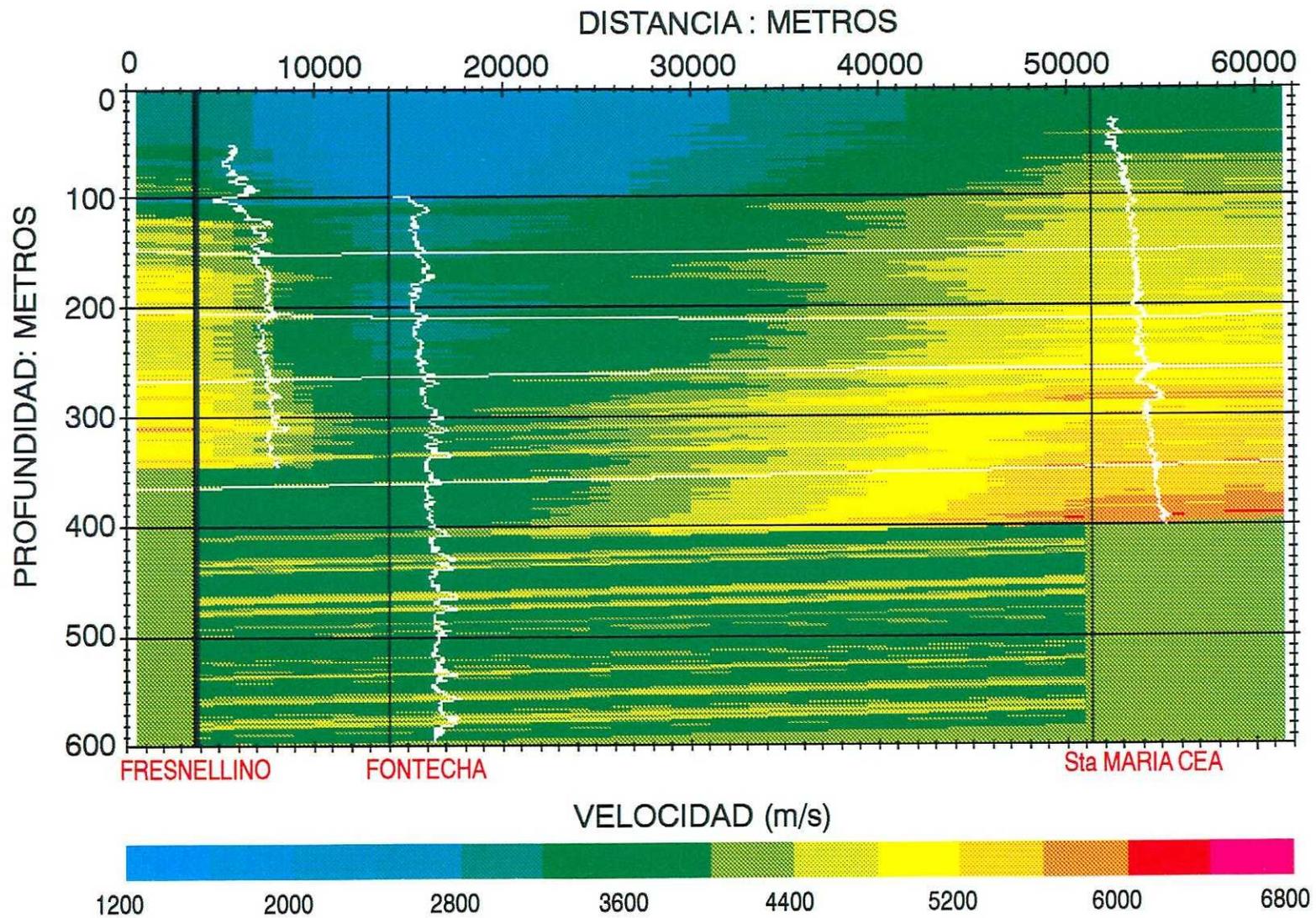
CORTEVELA4 (CVELA4)
LEON B-VILLAVEVERDE-VEGA INFANZONES
Orientación N-S



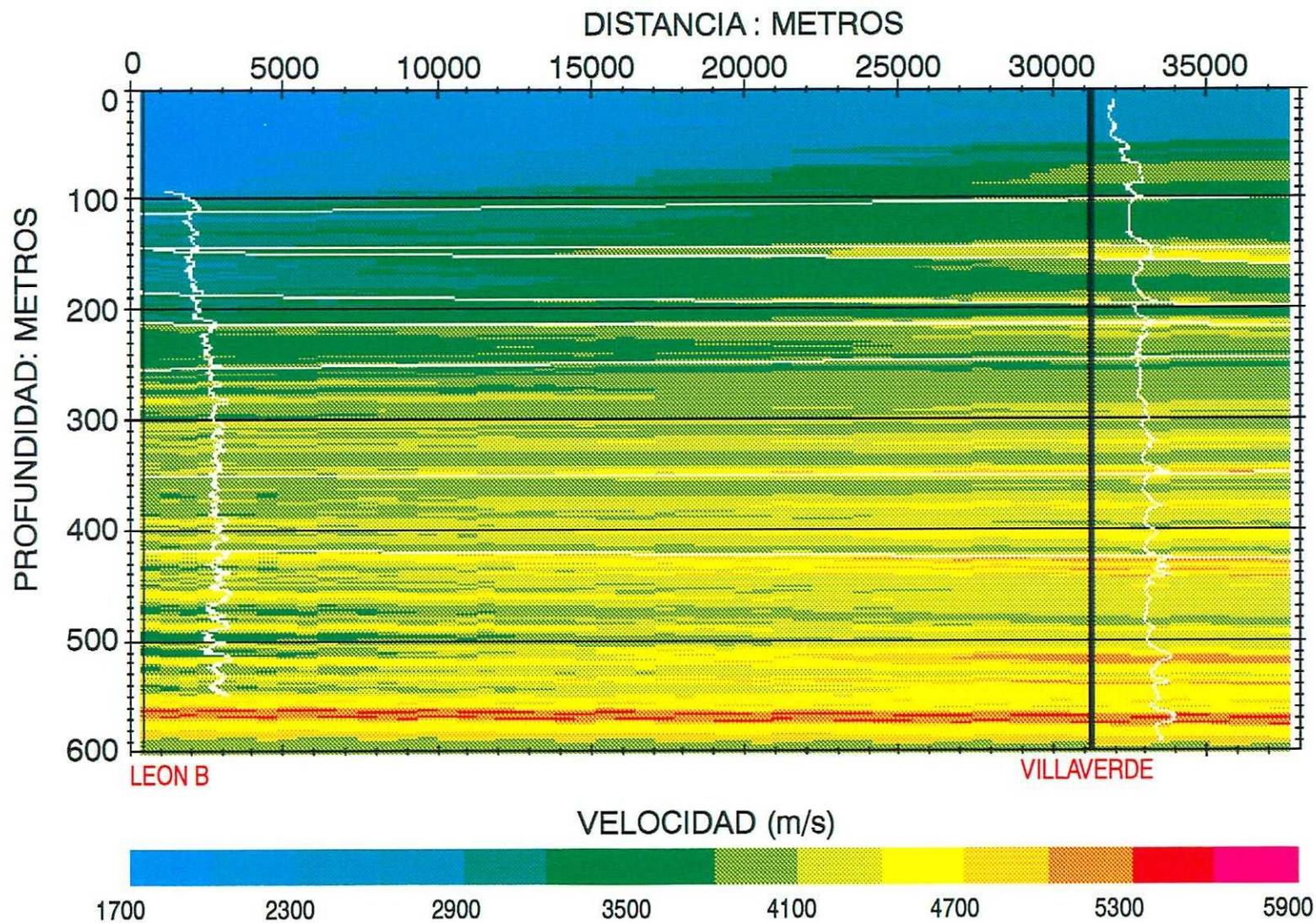


CORTEVEL5 (CVEL5)
VILLAVEERDE-Sta MARIA CEA-CODORNILLOS
Orientación N-S





CORTEVEL6 (CVEL6)
FRESNELLINO-FONTECHA-Sta MARIA CEA
Orientación O-E



CORTEVELL7 (CVELL7)
LEON B-VILLAVERDE
Orientación N-S

granodecreciente, sin embargo una vez vista la litología, se reinterpreto como que el aumento del valor de la velocidad con la profundidad sería un efecto de la compactación y no de la granoselección.

CONCLUSIONES

Se pueden inducir varios cuerpos con morfología lenticular tanto en cortes de orientación N-S como en cortes de orientación O-E. Esto nos hace suponer que son cuerpos en forma de "torta", con dimensiones X-Y aproximadamente iguales y aplanados en la vertical. Así, uno de estos cuerpos de naturaleza arenosa aparecería en la zona del sondeo Cembranos a unos 220 m de profundidad, en Villaverde la Chiquita a 340 el primero y el más profundo a 420 m.

Es posible inferir otro cuerpo lutítico en Fresnellino, evidenciado por bajos valores de velocidad. Las zonas de bajos valores de velocidad pueden indicar también zonas de fractura (ver figuras CVEL1 y CVEL3). En CVEL5 (ver figura adjunta), se puede interpretar un cuerpo arenoso, (altos valores de velocidad) que presenta una morfología de la curva de la diagraffa que indicaría secuencias granodecrecientes, como el resto de los cuerpos similares. Estos cuerpos, como ya se ha dicho, también pueden ser interpretados como un error de calibración de los equipos y por lo tanto no tendrían ninguna indicación secuencial. Este inconveniente se puede resolver contrastando con los datos reales de campo.

ESTRATIGRAFIA SECUENCIAL

Como se ha mencionado anteriormente, la sedimentación que ha dominado en la cuenca del Duero es de tipo fluvio-deltaico. Se pueden reconocer así mismo algunas zonas donde aparecen sedimentos de frente deltaico que pasan hacia arriba a barras y canales fluviales. En la Cuenca del Duero aparecen también depósitos calcimorfos (CORROCHANO, 1989). Todo este conjunto describe una megasecuencia negativa de progradación hacia el sur.

En este apartado se intentará realizar una descripción de las facies sedimentarias y una interpretación de las correlaciones de "logs" realizadas basándonos en CHURCH (1994). El area estudiada mediante diagraffas es de aproximadamente 82 km de largo por 55 km de ancho (unos 4500 km²) que se extiende desde el norte de la provincia de León hasta su borde sur.

ANALISIS DE FACIES

Para realizar el análisis de facies que sigue a continuación se comenzó con el estudio de las correlaciones de diagráfias y sus descripciones para luego describir las principales facies que se encontraron. Al disponer de registro litológicos en la mayoría de las diagráfias utilizadas, se ha podido hacer una comparación con las morfologías de las curvas de las diagráfias.

Allí donde no se dispone de los registros litológicos, se ha utilizado la diagráfias únicamente, aunque, por ejemplo, es muy difícil discriminar capas, y por lo tanto secuencias, en las diagráfias de Rayos Gamma a pequeña escala. Con ello se ha intentado, teniendo en cuenta la geología de la zona, reconocer los ambientes deposicionales.

En todos las correlaciones se han distinguido al menos 5 facies diferentes en conjunto.

Facies A - Canales

Estructura canaliformes formada por sedimentos de tamaño de grano medio a finos, (limos y arcillas). Tienen morfología lenticular, con dimensiones de anchura kilométricas (desde 5 a 10 Km) y con decenas de metros de espesor. Están formados por secuencias granodecrecientes muy marcadas. En cuanto a su caracterización en diagráfias sónicas, éstas presentan *forma de campana*

Facies B - Lóbulos deposicionales proximales

Formadas por sedimentos de tamaño de grano medio a grueso, generalmente arenas y gravas. Tienen una morfología simétrica según un corte perpendicular a la dirección del aporte. Su espesor es decamétrico, acercándose en ocasiones al centenar de metros. Está formado por secuencias granodecrecientes, las cuales oscilan entre los 15 y los 40 m de espesor.

Facies C - Lóbulos deposicionales distales

Morfología semejante a la anterior, pero con dimensiones sensiblemente menores. El tamaño de grano de los sedimentos que lo forman es medio a fino (limos y arcillas).

Facies D - Barras de arena fluviales

Cuerpos de entidad métrica a decamétrica formados por sedimentos de grano medio, arenas generalmente. Se corresponden con finas intercalaciones de arenas y limos. La morfología de curvas de Rayos Gamma y sónicas es en ambos casos aserrada.

Facies E - Depósitos de frente deltaíco

Arenas a limos interlaminados. En general suelen presentar secuencias granocrecientes, aunque también aparecen secuencias granodecrecientes intercaladas. Se

caracterizan por series de curvas en *forma de embudo* dentadas generalmente, separadas por zonas con *forma de campana*.

ESTRATIGRAFIA SECUENCIAL

De la interpretación de las diagráfias y sus registros litológicos correspondientes se ha determinado una serie de secuencias y parasecuencias separadas por superficies de discontinuidad, en las que se observan progradaciones y retrogradaciones en las secuencias. A menudo una curva de una diagráfia que muestra un aumento de tamaño de grano hacia techo, típica de frente deltaíco o de un canal distributivo pasa a una morfología de "barril", que representa canales fluviales (CHURCH, 1994).

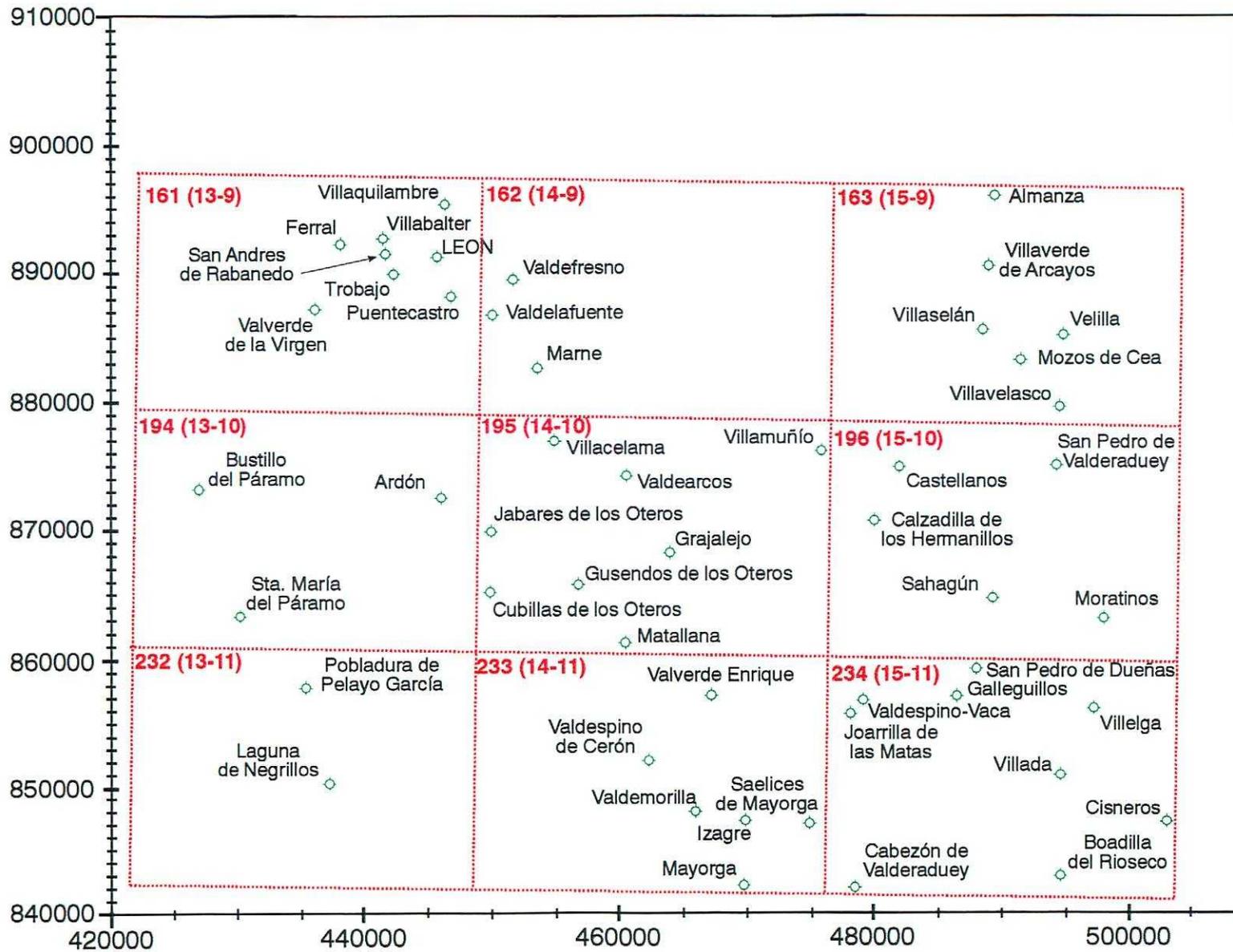
Las superficies transgresivas y las facies situadas por encima se reflejan en las diagráfias sónicas y de Rayos Gamma por un estrechamiento brusco asociado con un aumento acusado de los valores de Rayos Gamma y su correspondiente aumento en los valores del tiempo de tránsito sónico.

Los cuerpos arenosos se interpretan como complejos canales distributivos que resultan de la progradación de los abanicos o canales fluvio-deltaícos. De ahí las distintas direcciones de aporte que se han podido identificar en base a los cortes de las correlaciones. La explicación para esto podría ser un aporte lateral en el abanico principal. Esto puede suceder en el borde de la Cuenca al ir colmatándose cuando los sedimentos no tienen espacio para nuevos aportes y aprovechan los canales interlóbulo para su evacuación.

SONDEOS HIDROLÓGICOS

Como información adicional, han sido facilitados por el ITGE un total de 94 sondeos hidrológicos (Ver ANEXO IV) en los cuales consta la columna litológica y el registro de acuíferos, con los que se ha desarrollado el estudio de la geología del subsuelo en el área comprendida por las hojas 1:50.000 N^o: 161, 162, 163, 194, 195, 196, 232, 233 y 234 que se hallan representadas en el mapa 4. Algunas de las columnas se corresponden con la localización de diagráfias disponibles, con lo que han sido utilizadas en el capítulo donde se describe la correlación de diagráfias, para el contraste de las conclusiones obtenidas a partir de la correlación de las diagráfias de Rayos Gamma y de Velocidad.

Otras 44 columnas han sido representadas, junto con su localización geográfica, en las tablas siguientes, separadas por hojas 1:50.000 con el objeto de dar una indicación de la



LEYENDA	
(Coordenadas Lambert)	
◊	Sondeo hidrológico con litología y acuíferos
-----	Hojas 1:50.000

Mapa 4.- Situación de los sondeos hidrológicos.

distribución de acuíferos en el subsuelo de la zona. Estas vienen representadas a sus determinadas alturas relativas para dar una imagen mas real del corte, aunque no vienen separadas a distancias proporcionales a sus distancias reales (Ver ANEXO IV). Se han representado las columnas litológicas de cada hoja y se ha intentado realizar una correlación en cada una de ellas. El listado viene dado en coordenadas Lambert.

HOJA 161/13-8 LEÓN

Los acuíferos se encuentran a distintas profundidades, asociados a niveles de arenas y gravas generalmente. En el norte de la hoja se encuentran en niveles de conglomerados. Los acuíferos correlacionados se inclinan ligeramente hacia el sur. Las series que predominan en esta hoja son arcillosas con intercalaciones de delgados niveles de gravas .

TERMINO MUNICIPAL	Nº DE REGISTRO	COORDENADAS(X-Y-Z)
VILLAQUILAMBRE	1309-4001	446030-895192-880
PUENTECASTRO	1309-4002	446983-888506-815
LEÓN	1309-4026	443500-892900-870
FERRAL DEL BERNESGA	1309-3016	436687-892062-910
TROBAJO DEL CAMINO	1309-3026	440011-889582-920
VILLABALTER	1309-3018	439714-892890-900

HOJA 162 / 14-9 GRADEFES

En las columnas representadas en el esquema, se puede observar alternancias de arcillas y arenas y arcilla con gravas. Los acuíferos están asociados con niveles arenosos generalmente.

TERMINO MUNICIPAL	Nº DE REGISTRO	COORDENADAS(X-Y-Z)
VALDEFRESNO	1409-1001	451914-888744-860
VALDELAFUENTE	1409-5004	450179-886434-865
MARNE	1409-5017	453748- 882382-800

HOJA 163 / 15-9 ALMANZA

La litología predominante en las columnas de esta hoja es la margosa. Se intercalan niveles de gravas primordialmente se espesor entre 5 y 25 m. Los acuíferos se disponen prácticamente horizontales.

TERMINO MUNICIPAL	Nº DE REGISTRO	COORDENADAS(X-Y-Z)
VELILLA VALDERADUEY	1509-7001	495098-884017-930
VILLAVELASCO	1509-7003	494750-879600-895
VILLASELÁN	1509-6001	489494-885750-863
ALMANZA	1509-2001	490082-896371-902
VILLAVERDE ARCAJOS	1509-2002	488906-891077-882
MOZOS DE CEA	1509-7095	491545-882866-880

HOJA 194 / 13-10 STA. MARIA DEL PARAMO

Alternancias de capas finas de arcillas, limos, margas. En el sondeo más hacia el sur comienzan a aparecer niveles calcáreos.

TERMINO MUNICIPAL	Nº DE REGISTRO	COORDENADAS(X-Y-Z)
STA. MARIA DEL P.	1310-6002	430450-863200-810
BUSTILLO DEL P.	1310-1006	426849-873187-840

HOJA 195 / 14-10 MANSILLA DE LAS MULAS

Se puede observar como en los sondeos situados más al norte existen margas en los primeros cientos de metros de la columna, que desaparecen hacia al sur interdigitándose con arcillas, o aparecen de nuevo a mayor profundidad. Los acuíferos de la zona central de la hoja se inclinan hacia el sur, siguiendo la tendencia general de las capas de los abanicos aluviales en esta zona

TERMINO MUNICIPAL	Nº DE REGISTRO	COORDENADAS(X-Y-Z)
VILLACELAMA	1410-1001	454711-876870-797
VALDEARCOS	1410-2001	460276-874108-810
VILLAMUÑO	1410-4001	473727-875103-900
CUBILLOS DE LOS O.	1410-5002	449747-864742-769
JABARES DE LOS O.	1410-5001	449895-869254-771
GUSENDOS DE LOS O.	1410-6002	456516-865264-769
GRAJALEJO	1410-7001	463743-867657-833

HOJA 196 / 15-10 SAHAGÚN

Predominio de litología margosa (margas y margas arenosas) con intercalaciones de acuíferos de gravas arenosas. Según la disposición de los sondeos correlacionados se puede deducir una ligera inclinación de las capas hacia el SE.

TERMINO MUNICIPAL	Nº DE REGISTRO	COORDENADAS(X-Y-Z)
S. PEDRO DE V.	1510-3001	494295-874248-865
MORATINOS	1510-8008	498869-859654-835
SAHAGÚN	1510-6090	489625-864476-812
CASTELLANOS	1510-1002	481784-874561-880

HOJA 232 / 13-11 VILLAMAÑÁN

Con los datos disponibles de tan sólo dos sondeos, se puede decir que las arcillas predominan el registro litológico de la zona. Otro dato significativo es que el Paleozoico se encuentra en el sondeo de Pobladura a 400 m de profundidad.

TERMINO MUNICIPAL	Nº DE REGISTRO	COORDENADAS(X-Y-Z)
LAGUNA DE NEGRILLOS	1311-3002	439220-854450-785
POBLADURA DE P.G.	1311-3001	435579-857898-797

HOJA 233 / 14-11 VALENCIA DE DON JUAN

Se observan una gran cantidad de acuíferos registrados a diferentes niveles en los sondeos de la hoja. Los niveles de arenas y limos aumentan su espesor hacia el sur de la hoja, y no se encuentran tan espaciados entre si. El sondeo más al sur, en Mayorga se diferencia notablemente del resto al presentar margas con escasas intercalaciones de gravas.

TERMINO MUNICIPAL	Nº DE REGISTRO	COORDENADAS(X-Y-Z)
SAELICES DE MAYORGA	1411-8003	475028-846757-760
MAYORGA DE CAMPOS	1411-8002	470143-841537-775
VALDEMORILLA	1411-7001	465050-849050-805
VALVERDE ENRIQUE	1411-3001	467134-856612-815
VALDESPINO DE CERÓN	1411-2002	461985-851925-830

HOJA 234 / 15-11 VILLADA

Acuíferos aproximadamente horizontales Los sondeos presentan litologías variadas, de manera que no se puede deducir una tendencia general.

TERMINO MUNICIPAL	Nº DE REGISTRO	COORDENADAS(X-Y-Z)
GALLEGUILLOS DE C.	1511-2003	486350-856814-780
CISNEROS	1511-8001	499608-845147-814
BOADILLA DEL R.	1511-7003	494252-842599-778
CABEZON DE V.	1511-5003	478300-841457-750
VILLADA	1511-3003	494366-850494-790
VILLELGA	1511-3001	496437-855709-808
S. PEDRO DE DUEÑAS	1511-2004	485750-859500-790
VALDESPINO VACA	1511-1005	479000-856690-800
JOARRILLA DE LOS M.	1511-1001	477832-855539-785

CONCLUSIONES GENERALES

- La distinta procedencia de los "logs" y la falta de calibración de los equipos empleados para su obtención, hace que debamos tomar los valores de los picos correlacionados como valores relativos, y por lo tanto la correlación se ha realizado en base a la morfología de la curva. Esto hace que el valor tanto de cps en las cortes estratigráficos basados en "logs" de Rayos Gamma, como de m/s en los de Velocidad, no se mantengan constantes a lo largo de un mismo nivel.

- Es posible, no obstante y sobre todo en aquellas correlaciones de varios sondeos del mismo origen, vislumbrar algunas estructuras sedimentarias, como secuencias deposicionales, canales y lóbulos deposicionales en diversas areas de la zona en estudio.

- La propia naturaleza de las diagráfias de Rayos Gamma y su utilidad como indicadores de secuencias sedimentarias permiten definir y correlacionar con mayor seguridad más niveles que en las diagráfias de velocidad.

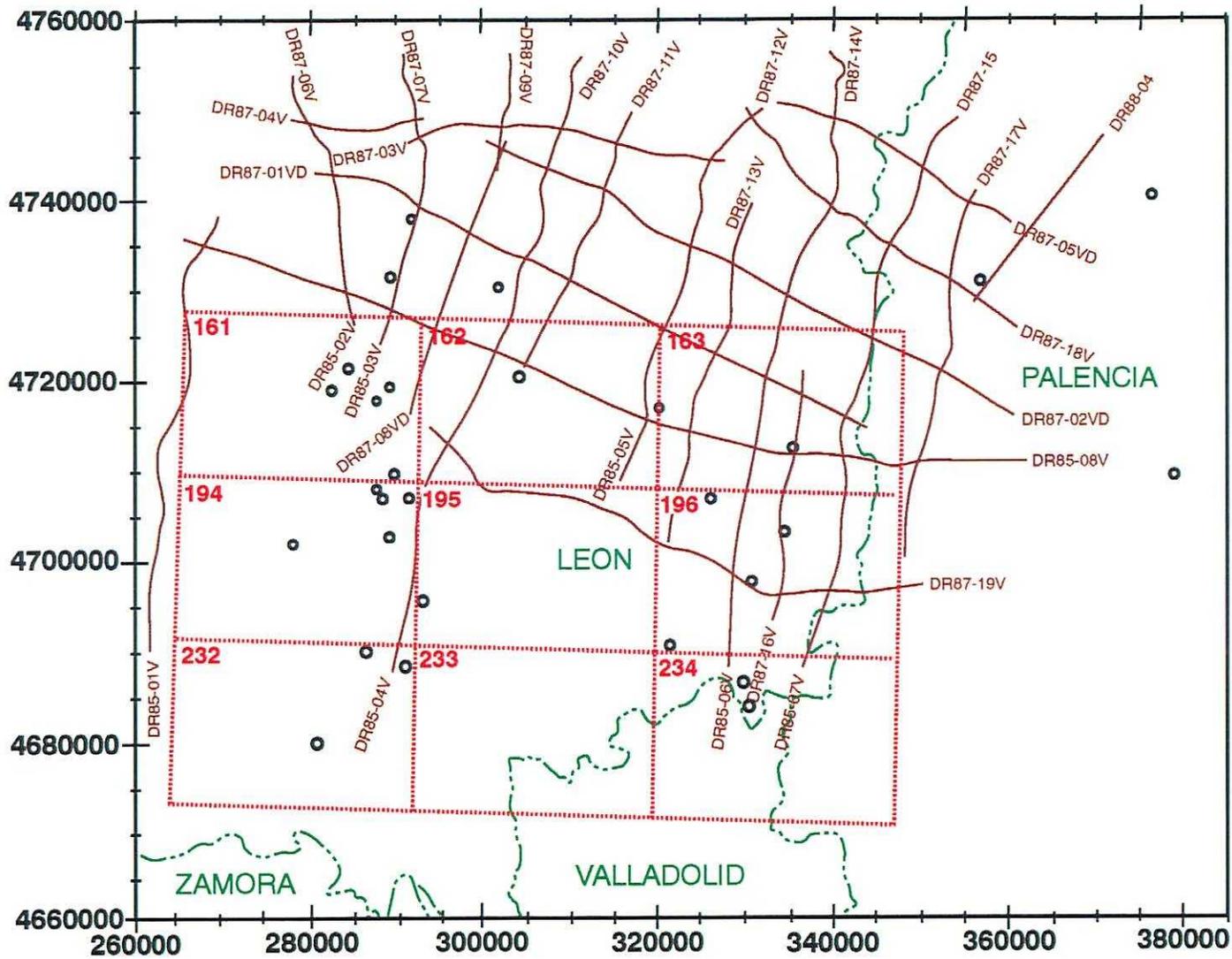
- A grandes rasgos, los modelos realizados coinciden con la geología de la zona en estudio ya que los niveles correlacionados dibujan la forma de la cuenca, buzando hacia el sur en los cortes N-S, y manifestando el caracter imbricado mediante los acuñamientos de algunos niveles e interdigitaciones propias de las facies de abanicos aluviales.

- Se determina una mayor efectividad de las diagráfias de velocidad para la correlación de niveles de gravas, arenas y acuíferos , debido a que los picos de mayores valores se presentan exactamente a la altura de los niveles de mayor tamaño de grano. Se ha de notar también el efecto de la compactación, por lo que se desaconseja su uso de cara a la identificación y correlación de secuencias y ambientes deposicionales. Para este fin se recomienda la correlación de diagráfias de Rayos Gamma.

- En la zona norte del área de estudio, dominan las secuencias granodecrecientes, mientras que a medida que nos movemos hacia el sur comienzan a aparecer secuencias granocrecientes más típicas de zonas distales de abanicos aluviales, y barras arenosas.

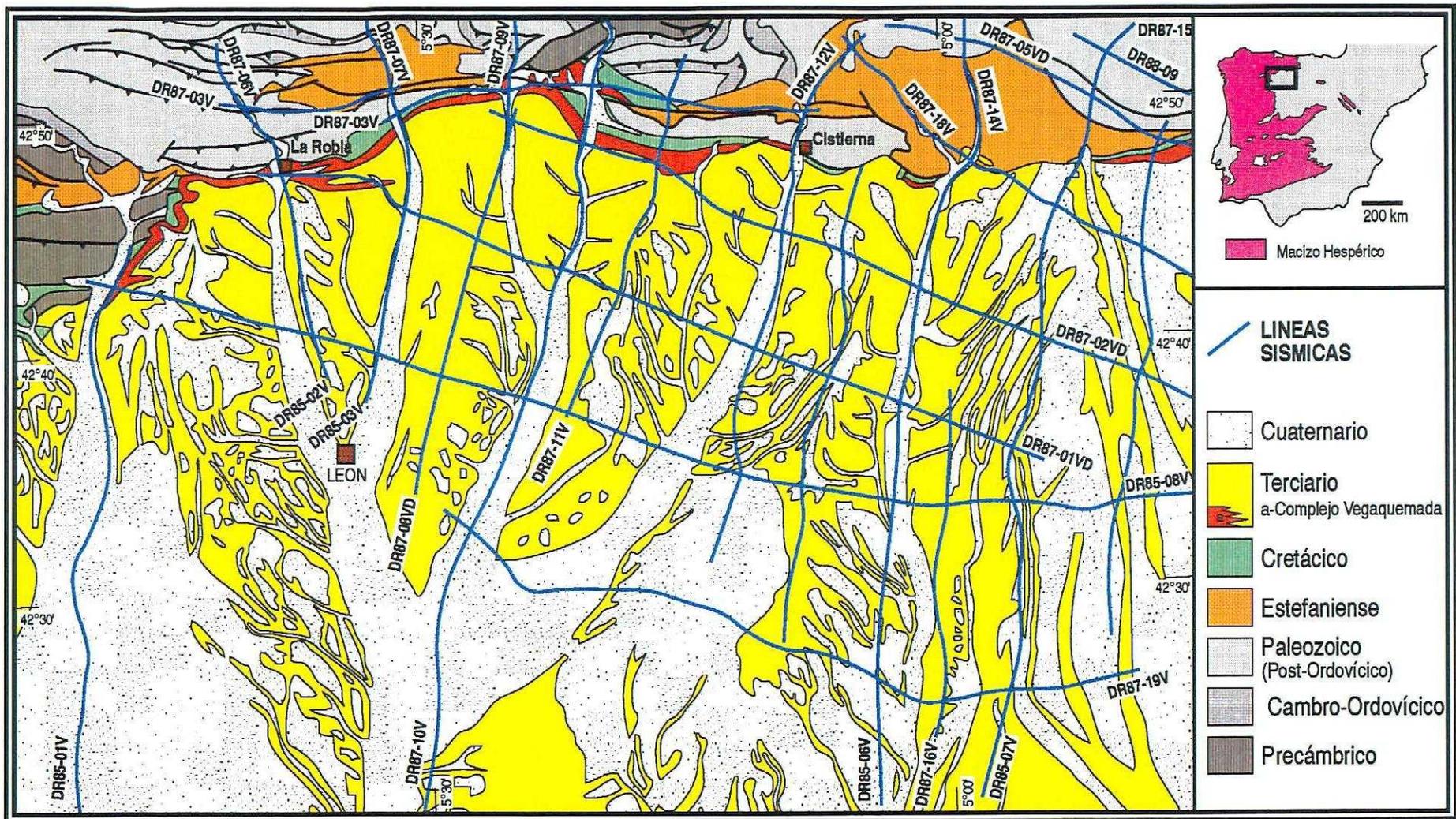
PARTE II

PERFILES SISMICOS



LEYENDA (Coordenadas U.T.M.)	
	Límite Provincial
	Línea sísmica
	Hojas 1:50.000
	Sondeos

Mapa 5.a- Situación de las líneas sísmicas en la zona estudiada.



Mapa 5.b- Situación de las líneas sísmicas en la zona estudiada.

INTRODUCCION

En este capítulo se pretende realizar la descripción de la estructura y morfología de la zona noroeste de la Cuenca del Duero mediante el análisis de 26 perfiles de sísmica de reflexión facilitados por la compañía petrolera *REPSOL S.A.* y pertenecientes a las campañas de exploración en el área DUERO-REINOSA desarrolladas en 1985, 87 y 88 (mapas 5a y b).

Para realizar el estudio se ha trabajado con secciones sísmicas no migradas. Se decidió utilizar estas secciones, ya que al disponerse las capas pseudo-horizontalmente, su morfología no varía mucho de las secciones migradas a las no migradas y de este modo se puede trabajar con las hipérbolas de difracción, lo cual facilita la situación de las fallas en su verdadera posición. No obstante, la utilización de perfiles no migrados lleva consigo una serie de inconvenientes a la hora de interpretar reflectores inclinados. En ocasiones aparecen ruidos, múltiplos y otros tipos de distorsiones que son muy difíciles de discriminar en las secciones no migradas (SHERIFF, 1981).

En este trabajo se cartografiarán los reflectores en la sección no migrada para obtener un mapa de isocronas y posteriormente aplicar una conversión tiempo-profundidad, produciendo así un mapa de isobatas. Para ello se asumirán una serie de premisas (BROWN & FISHER, 1985):

- a.- Todos los reflectores proceden de reflexiones o difracciones primarias.
- b.- Los datos de cada línea son bi-dimensionales: No existen llegadas laterales. La migración procesa simplemente el componente del buzamiento en la dirección de la línea.
- c.- Se conoce con bastante aproximación la distribución de velocidades, ya que si la función de velocidades no es correcta o bien existe variación de la velocidad en la horizontal se produce una distorsión.

Se escogieron cuatro niveles para interpretar en las secciones sísmicas: base del Terciario continental (Techo de la Facies Garum), techo de las Calizas Cretácicas, techo de la Formación Utrillas y el techo del basamento. La elección de los niveles a estudiar se hizo partiendo de la línea DR88-04 situada al este de la zona estudiada y que pasa por el sondeo petrolero **El Campillo** (punto de tiro 550) realizado en 1990. Este sondeo atraviesa todos los materiales de la Cuenca del Duero finalizando en materiales Silúricos. En este sondeo se realizaron numerosas testificaciones incluidas la litológica y la testificación sísmica de velocidades. Mediante el programa informático QUIKLOG se obtuvo un sismograma

sinéptico a partir de registro sísmico. La correlación de este sismograma, la columna litológica y la línea sísmica (DR88-04) permitió identificar los reflectores correspondientes a los niveles seleccionados. Partiendo de esta línea se ha podido completar la interpretación del resto de las líneas por comparación de los reflectores en las intersecciones entre las mismas.

REFLECTORES IDENTIFICADOS

Los reflectores que se identificaron en la línea DR88-04 en la posición del sondeo **El Campillo** y que posteriormente se interpretaron en el resto de las líneas son:

TECHO DE LA FACIES GARUM

Situado a 0,81 seg. en tiempo doble (TWT), en el punto de tiro 550 en la línea DR88-04 determinado a partir del sondeo el Campillo realizado en ese punto (Compañía REPSOL). Se ha determinado que el techo de la facies Garum es el primer reflector fuerte y continuado en este perfil por debajo de las capas terciarias continentales, que si bien presentan reflectores fuertes no tienen una continuidad lateral tan notable. Este reflector se vio con posterioridad que lateralmente es difícil de seguir ya que pierde su carácter. Además, el hecho de que la facies garum no está presente a lo largo de toda la cuenca, llevó a desechar la utilización de este reflector a la hora de obtener los mapas de isocronas e isobatas.

TECHO DE LAS CALIZAS CRETÁICAS

Situado a 0,9 s en el citado punto. Se trata del reflector superior, de dos situados por debajo del reflector del techo del Garum, que distan entre sí unos 0.03 s. Se trata de un par de reflectores fuertes, con gran continuidad, amplitud y coherencia. Este reflector se sigue fácilmente a lo largo de toda la cuenca si bien ocasionalmente no se observa el reflector que se encuentra inmediatamente por encima.

TECHO DE LA FM. UTRILLAS

Situado 1,12 s TWT. Este reflector es el inferior de dos de alta amplitud y continuidad por debajo de la caliza. Este reflector también se sigue con relativa facilidad a lo largo de la cuenca aunque en ocasiones se pierde lateralmente.

TECHO DEL PALEOZOICO

Este reflector se corresponde con el contacto existente entre los niveles Mesozoicos y el basamento. Se trata de una superficie que da lugar a un reflector difícil de seguir lateralmente por presentar numerosas interrupciones. Normalmente aparece como un reflector

fuerte con gran amplitud pero discontinuo aunque en algunas zonas tiene gran continuidad lateral.

Se puede decir que los reflectores más potentes se encuentran los límites superiores e inferiores de las calizas cretácicas, por ser estos los niveles que presentan un mayor contraste de densidades con los materiales de la facies Garum y de la Formación Utrillas respectivamente.

DESCRIPCION DE PERFILES REPRESENTATIVOS

PERFILES N-S

Vamos hacer en este punto una descripción conjunta de los perfiles N-S. En estos perfiles se observa claramente cual es la geometría de la cuenca desde el borde norte que se está levantando, hasta las zonas más distales de la misma (Ver ANEXO VI).

La información que ofrecen estos perfiles sobre la estructura del basamento es en general pobre. Tan solo se puede destacar la presencia de ocasionales reflectores fuertes que frecuentemente se pueden correlacionar con fallas que afectan a los materiales Cretácicos y que se pueden tratar de reactivaciones de estructuras previas hercínicas (DR87-08VD). El reflector del contacto Fm. Utrillas-basamento no siempre es continuo e incluso se pierde en ocasiones. Sin embargo los dos reflectores de techo y muro de las calizas cretácicas tienen una mayor amplitud y son más continuos por lo que son más fáciles de seguir a lo largo de toda la cuenca.

Las formaciones cretácicas se sitúan en la base de la serie sedimentaria que rellena la Cuenca de Duero y son concordantes entre si. Su potencia en las secciones sísmicas varía de unas zonas otras, pero se debe recordar que estas variaciones no siempre se corresponden con diferencias en la potencia real de las capas, sino que puede ser debida a cambios en la velocidad de propagación de la ondas P a traves de los materiales y ser por lo tanto artificios. Ambas formaciones son contínuas y están presentes a lo largo de toda la cuenca, excepto en su borde occidental como veremos más adelante (DR85-01V). Cabe destacar la presencia de una serie de fallas, mayoritariamente inversas, que afectan a los materiales cretácicos y las partes más bajas de la serie terciaria. Estas fallas son en su mayoría inversas, pudiendo tratarse de reactivaciones de estructuras hercínicas y algunas de ellas parecen ser fallas directas que han sufrido una inversión posterior.

Inmediatamente por encima se disponen los materiales terciarios que presentan numerosos reflectores con cierta continuidad que permiten obtener una imagen de la geometría y evolución temporal relativa de la cuenca. Se trata de una cuenca asimétrica con el depocentro en su parte norte, cerca del borde que se está elevando, y la potencia de sedimentos es progresivamente menor hacia las partes distales (sur de la cuenca). El terciario se dispone discordante sobre la serie cretácica, siendo esta discordancia de mayor ángulo en la parte N que en la parte S donde la discordancia es de muy bajo ángulo, llegando a situarse casi concordantemente aunque en onlap. En algunas de las líneas sísmicas se han marcado determinados reflectores intra-terciarios para evidenciar estas características morfológicas. Esto también permite observar como los depocentros de la cuenca han sufrido una migración temporal hacia el S (ANEXO VI).

La línea DR85-01V presenta algunas características diferenciales que pasaremos a tratar. Lo primero que destaca es la ausencia de calizas cretácicas, que por los datos geológicos se sabe que se acuñan hacia el E de la cuenca. Debido a esto, el terciario se sitúa directamente sobre la Fm Utrillas e incluso al sur del punto de tiro 590 lo hace directamente sobre el basamento. En esta zona el techo del basamento presenta una facies sísmica completamente diferente a la que se observa en el resto de la cuenca. En esta zona este reflector presenta una "topografía" compleja con elevaciones y depresiones y un aspecto caótico con abundantes hipérbolas de difracción. Estas son características de los paleorelieves, lo cual, añadido al brusco truncamiento de la Fm. Utrillas, parece indicar que en esta zona se produjo un levantamiento y erosión del basamento y la Fm Utrillas con el posterior depósito de los materiales terciarios.

El borde norte de la cuenca muestra una variación de su morfología de O a E. Mientras que en la parte más oriental se trata de una falla inversa de bajo ángulo que cobija materiales terciarios que se introducen varios kilómetros bajo ella, hacia el O lo que se observa es que la base de la cuenca se levanta progresivamente hacia el norte y tan solo se diferencian algunas fallas verticales o inversas de alto ángulo que producen poco cobijamiento. También cabe reseñar la presencia de un accidente tectónico importante en la línea DR87-17V, ya que afecta a la mayoría de la serie terciaria. Se trata de una falla inversa que buza al norte y produce la elevación del basamento desde 1,8 segundos (bloque S) a 1,2 segundos (bloque N) y constituye la terminación occidental del pliegue frontal del levantamiento del Campillo, que es una estructura con dirección E-O.

PERFILES E-O

Los perfiles E-O son aproximadamente perpendiculares a los anteriores y nos dan una imagen de la cuenca similar a la descrita previamente. Las formaciones cretácicas se sitúan en la base excepto en el borde O donde las calizas cretácicas se acuñan y el terciario pasa a disponerse inmediatamente por encima de la Fm Utrillas. Los materiales cretácicos tienen gran continuidad y solo se ven afectados por algunas fallas inversas que según esta dirección muestran unos buzamientos aparentes hacia el oeste y este indistintamente. A lo largo de cada uno de los perfiles, las formaciones mantienen una profundidad constante (profundidad máxima aproximadamente 1,8 segundos) levantándose progresivamente hacia el borde occidental. Esto indica que las variaciones de profundidad de la cuenca se producen especialmente en la dirección N-S. la única excepción la encontramos en la línea más septentrional (87-02VD). En esta línea, en el punto de tiro 2120, el basamento presenta un alto estructural de modo que separa una parte más profunda al E (1,6 segundos) de otra más somera al oeste (1 segundo)

MAPAS DE ISOCRONAS E ISOBATAS

METODO

Para realizar los mapas de isocronas y de isobatas (ANEXO V) se ha partido de la interpretación de los perfiles sísmicos detallados en los mapas 4 y 5. Una vez identificados los reflectores en el perfil de partida (DR88-04) se ha procedido a su seguimiento en bucles, de manera que los reflectores coincidan en el nudo final del circuito y allí donde ha sido posible, especialmente en la zona norte, se han corroborado con la geología de superficie. Es importante hacer notar así que las líneas correspondientes a las diferentes campañas anuales tienen unas secuencias de procesamiento diferentes (DR85, DR87 y DR88), y esto provoca que en las intersecciones entre líneas de diferentes campañas, los reflectores se encuentren en algunas ocasiones desplazados unas centésimas de segundo.

Una vez interpretados los perfiles sísmicos se han digitalizado los reflectores. El programa informático computa automáticamente los valores de profundidad en tiempo de los reflectores en cada CMP y elabora un mapa de isocronas. El contorno está distorsionado en los bordes debido a la falta de información en estas áreas. Esto se ha intentado subsanar manualmente modificando a posteriori los contornos.

MODELOS DE VELOCIDAD PARA LA CONVERSION DE TIEMPO A PROFUNDIDAD

Mediante la aplicación de diferentes métodos de conversión es posible obtener mapas de profundidades o isopacas a partir de mapas de tiempos o isocronas. Cuando se aplica esta variación vertical, el programa utilizado (2DI de SIERRA) considera la velocidad de las ondas P y su variación con la profundidad. Este programa informático permite elegir entre seis fórmulas diferentes para describir la variación de la velocidad. Es importante resaltar que este tipo de conversión de tiempo a velocidad no es un sustituto para la migración de los perfiles sino una alternativa complementaria. Los resultados son bastante fiables ya que se considera que las estructuras en el Mesozoico y Terciario no están muy inclinadas y además la velocidad no presenta una variación lateral muy notable.

De los métodos que están disponibles en el programa informático se han seleccionado tres para realizar los modelos y contrastar con los datos de profundidad real que se disponen a partir del sondeo petrolero del Campillo. Los métodos escogidos son:

A- Velocidad interna constante donde D es la profundidad:

$$V=V_0$$
$$D_f=D_i=DT*V$$

Para obtener esta velocidad se han seleccionado 2 líneas, una N-S y otra O-E, representativas en el área teniendo en cuenta que estuvieran suficientemente centradas en la zona y con la mayor longitud posible para obtener un rango de velocidades lo más amplio posible. Los perfiles seleccionados teniendo en consideración dichas premisas han sido DR87-01VD (O-E) y DR85-04V (N-S).

Primero se realiza una media de todas las velocidades NMO presentes en los paneles de stack de los perfiles seleccionados. Se realiza primeramente una media teniendo en cuenta todas las velocidades en toda la profundidad del perfil y se obtiene **2856.2034 m/s**. Posteriormente se realiza una media teniendo en cuenta solamente los valores de velocidades de los reflectores situados por encima del reflector correspondiente al techo del Paleozoico para obtener únicamente una media de velocidades de stack del Mesozoico y Terciario, obteniendo el valor de **2416.675 m/s**. Los mapas de profundidad obtenidos de este modo se han contrastado con los datos de profundidad de los reflectores en el sondeo el Campillo y dan valores muy dispares (hasta 1000 m de diferencia).

B- Gradiente de velocidad lineal donde

$$V=V_0+k D$$

$$D_f=(D_i+V_0/k)*e^{kD}*T-V_0/k$$

Este método consiste en hallar a partir de un panel de stack y sus valores, una función de variación lineal de la velocidad. Se representa un gráfico con profundidad D en el eje de las x y velocidad de stack en el eje de las y se obtiene una recta de correlación en la cual la pendiente es la constante k. La función obtenida es la recta:

$$V=2003.9+0.33435*D$$

C.- Velocidad interna constante dependiendo de la profundidad a mitad de la capa Los valores de velocidad utilizados en este metodo se han obtenido de diferentes fuentes.

$$V=V_0+k D_{mit}$$

CUADROS COMPARATIVOS DE VELOCIDADES

En los siguientes cuadros se muestran las velocidades obtenidas (m/s), mediante distintos métodos, para los reflectores seleccionados.

TECHO DEL PALEOZOICO

	CONSTANTE	CONST. MITAD CAPA		VELOCIDAD LINEAL	
VEL. DE STACK MEDIA	2856.2034				
VEL. ST. MED. COBERT	2416.67				
VEL. MEDIA DEL TRAMO	5 5 8 8	5588	K=0.33435	5588	K=0.33435
PROF.(M)/T (S.) DR88-04	4379.48	4379.48	K=0.33435	4379.48	K=0.33435
VEL. EN LOG (CAMP.)	5961.47	5961.47	K=0.33435	5961.47	K=0.33435

TECHO DE LA FM. UTRILLAS

	CONSTANTE	CONST. MITAD CAPA		VELOCIDAD LINEAL	
VEL. DE STACK MEDIA	2856.2034			2003.9	K=0.33435
VEL. ST. MED. COBERT	2416.67				
VEL. MEDIA DEL TRAMO	4082.25	4082.25	K=0.33435	4082.25	K=0.33435
PROF.(M)/T (S.) DR88-04	4247.27	4247.27	K=0.33435	4247.27	K=0.33435
VEL. EN LOG (CAMP.)	5250	5250	K=0.33435	5250	K=0.33435

TECHO DE LAS CALIZAS CRETÁICAS

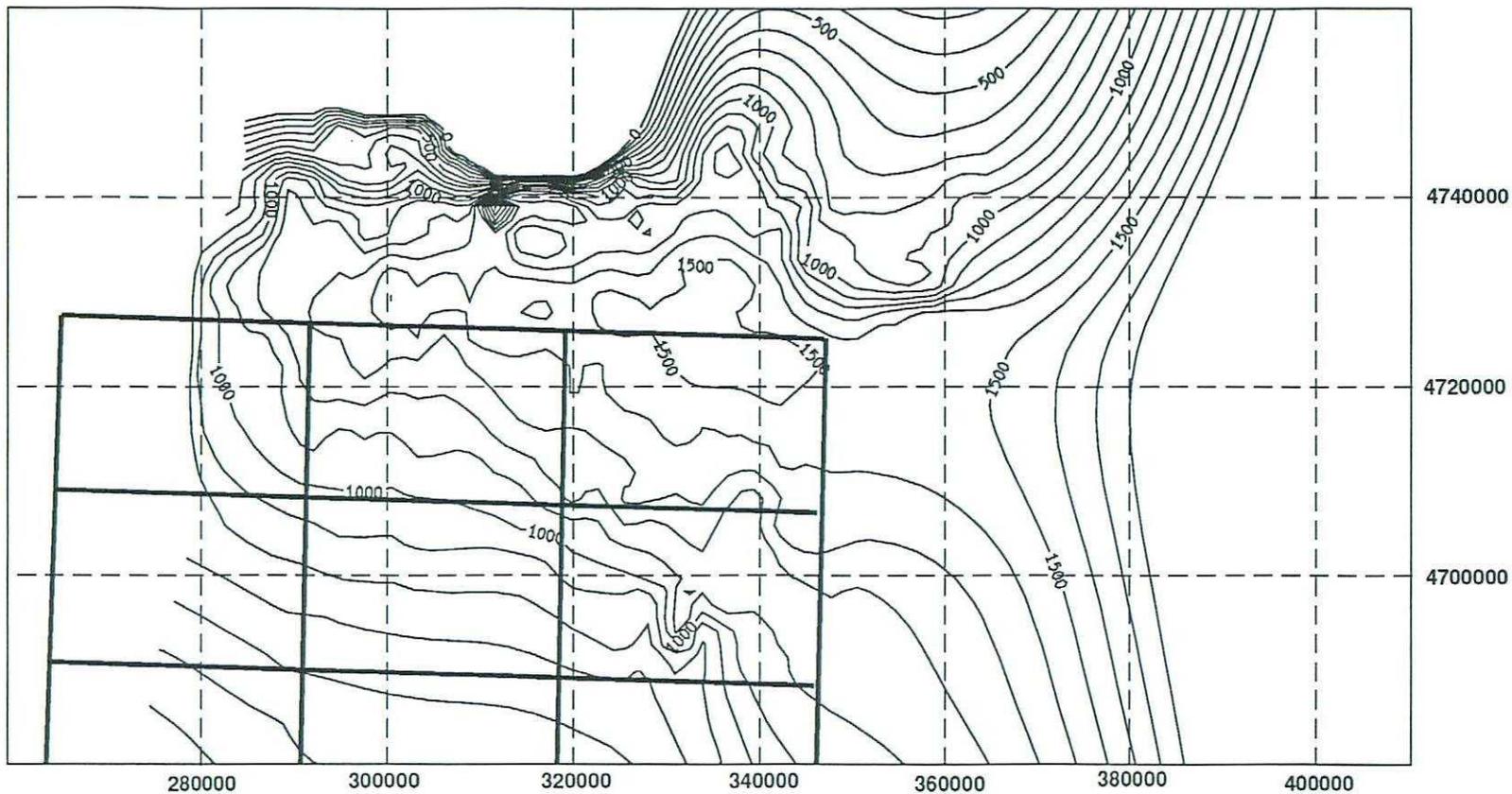
	<i>CONSTANTE</i>	<i>CONST. MITAD CAPA</i>	<i>VELOCIDAD LINEAL</i>
<i>VEL. DE STACK MEDIA</i>	2856.2034		
<i>VEL. ST. MED. COBERT</i>	2416.67		
<i>VEL. MEDIA DEL TRAMO</i>	5080	5080 K=0.33435	5080 K=0.33435
<i>PROF.(M)/T (S.) DR88-04</i>	4134.78	4134.78 K=0.33435	4134.78 K=0.33435
<i>VEL. EN LOG (CAMP.)</i>	4717.25	4717.25 K=0.33435	4717.25 K=0.33435

RESULTADOS

En los cuadros de velocidades superiores se ha marcado en negrita el valor y método de conversión tiempo-profundidad utilizado. El criterio principal de selección del valor utilizado han sido la comparación con los registros litológicos de los sondeos petroleros de los que se disponen que cortan a dos perfiles sísmicos de la zona estudiada, *El Campillo y León-I*. De esta manera se han seleccionado como válidos los mapas de contornos para los que la profundidad de los reflectores coinciden con la profundidad de las litologías que los producen en los sondeos. Se ha tenido en cuenta la diferencia entre la altura real de la superficie del sondeo y el datum (nivel de referencia) escogido, 900 m. En base a estas consideraciones previas se han obtenido los mapas adjuntos (ANEXO V) de isobatas del techo del basamento, techo de la Fm. Utrillas y techo de las calizas cretácicas.

Los detalles más sobresalientes a la vista de los mapas son la morfología típica de cuenca de foreland de la zona en estudio con una zona más profunda hacia las coordenadas 4730000-330000 de los mapas, perdiendo profundidad bruscamente hacia el borde que se levanta al N, más paulatinamente hacia las zonas distales al S y lateralmente hacia el E. Se puede observar como el mapa de isobatas de los distintos niveles tiene irregularidades, debido a que estos horizontes se ven afectados por fallas, posiblemente rejuegos de fallas que afectan al basamento.

Las zonas en blanco en los mapas son debidas, en el norte a que es el límite de la cuenca aflorando los sedimentos Paleozoicos de la Cantábrica y al este por falta de información (no se disponen de más datos en esa zona para el presente trabajo) y oeste por acuñaamiento o cambio lateral de facies. Este es el caso de la Caliza Cretácica que desaparece hacia el oeste, ya que en esa dirección se situaba una zona elevada y existe un cambio lateral desde facie marinas al este a facies continentales al oeste.



 UNIVERSIDAD DE OVIEDO
Departamento de Geología

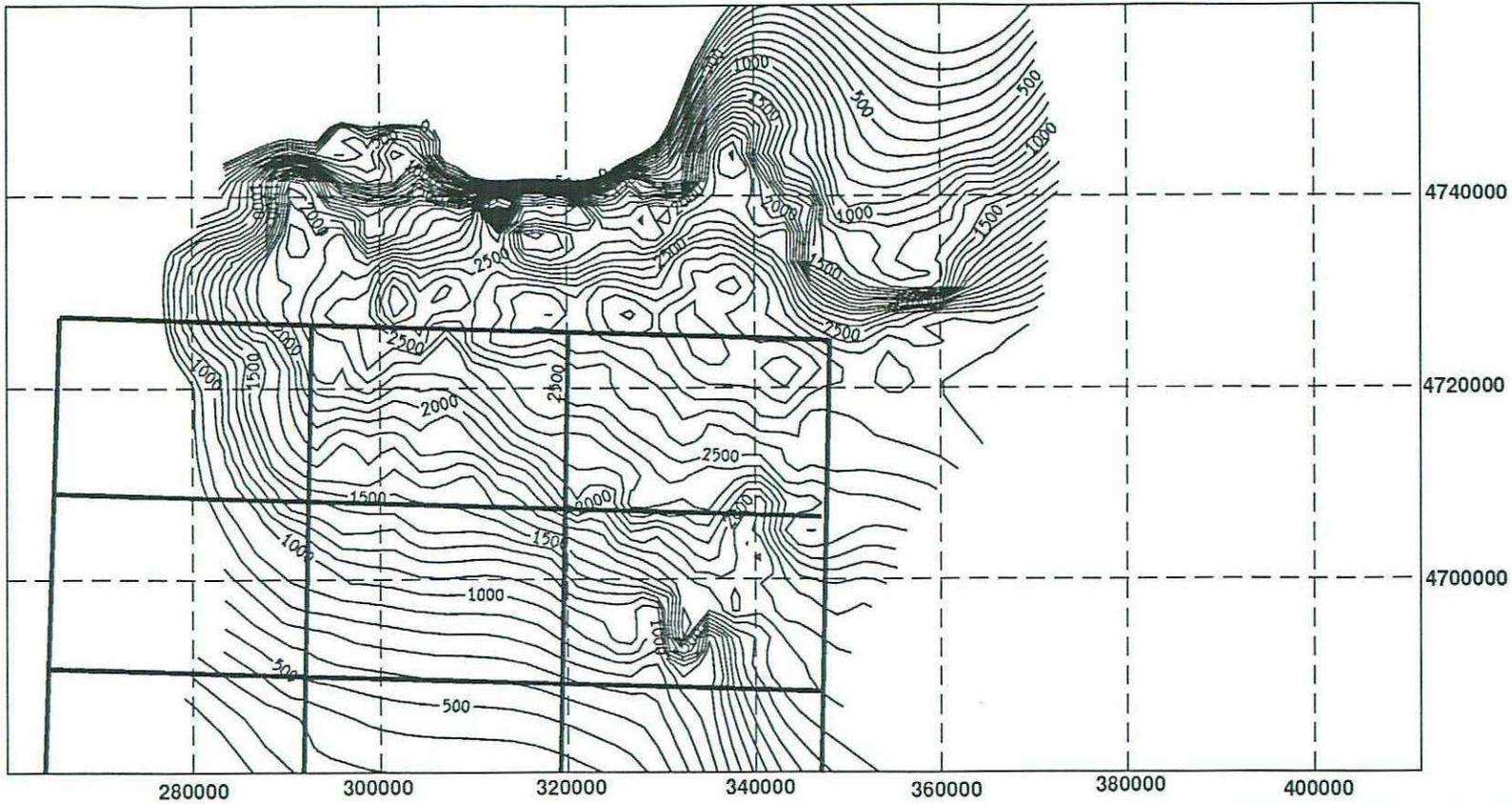
Proyección UTM

 N



Mapa de Isocronas del Techo de la Caliza Aptense-Albense
Intervalo de Contornos: 100 mseg

Sierra. **2DI™**



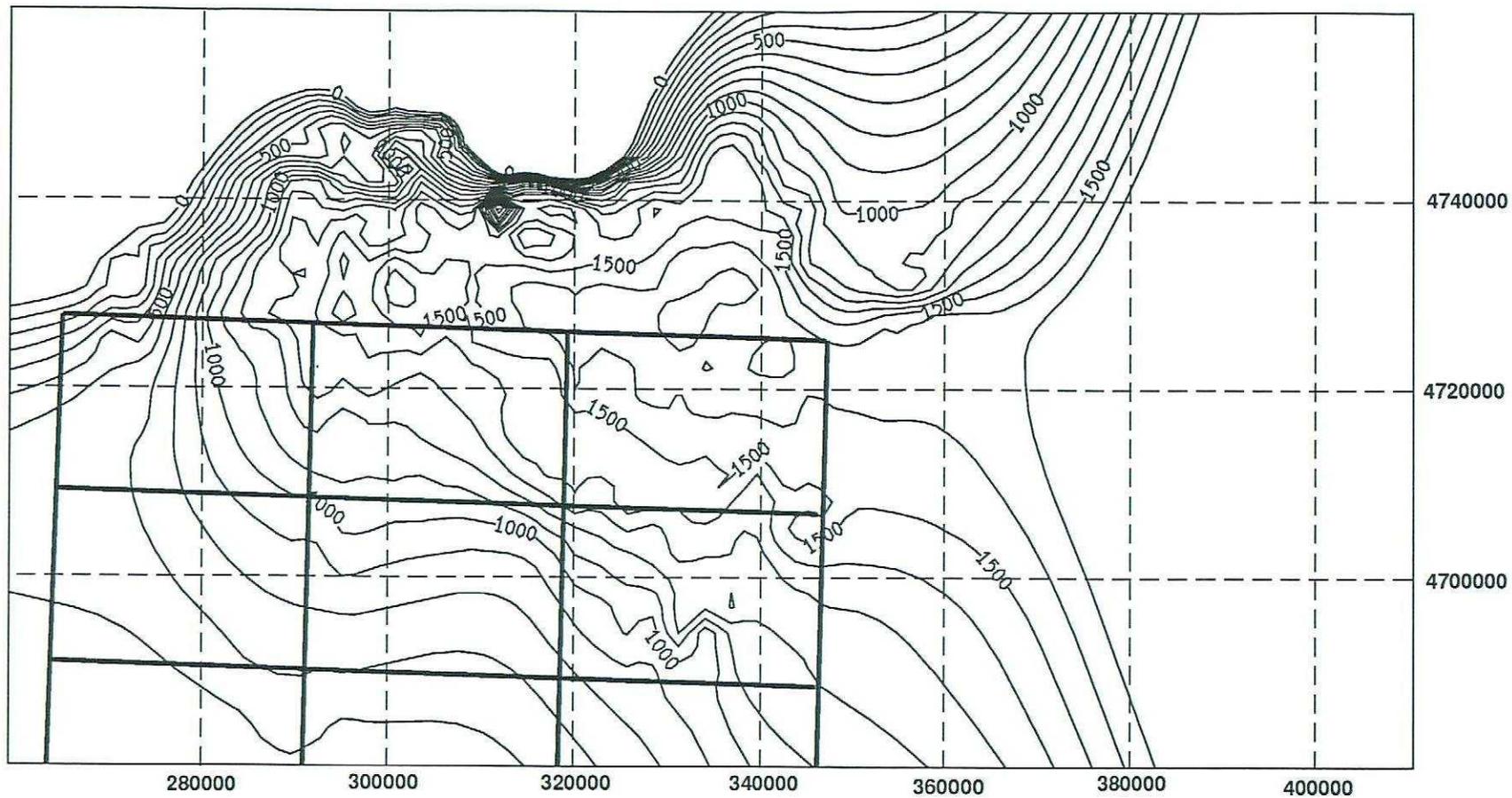

UNIVERSIDAD DE OVIEDO
 Departamento de Geología

Proyección UTM
 



Mapa de Isobatas del Techo de la Caliza Aptense-Albense
 Intervalo de Contornos: 100 m

Sierra. **2DI™**



UNIVERSIDAD DE OVIEDO
Departamento de Geología

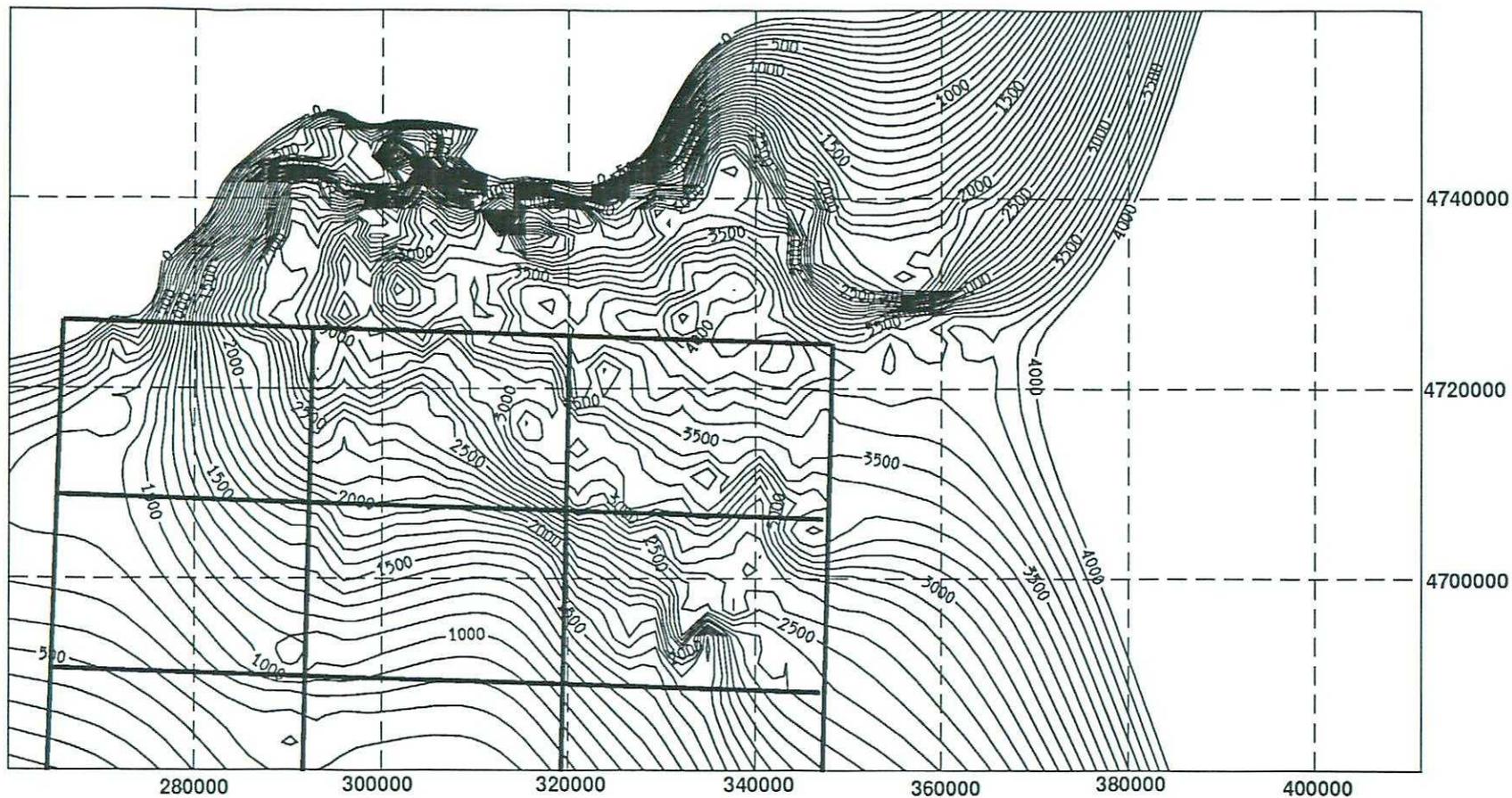
Proyección UTM



Mapa de Isocronas del Techo de la Fm. Utrillas
Intervalo de Contornos: 100 mseg

Sierra®

2DI™



UNIVERSIDAD DE OVIEDO
Departamento de Geología

Proyección UTM

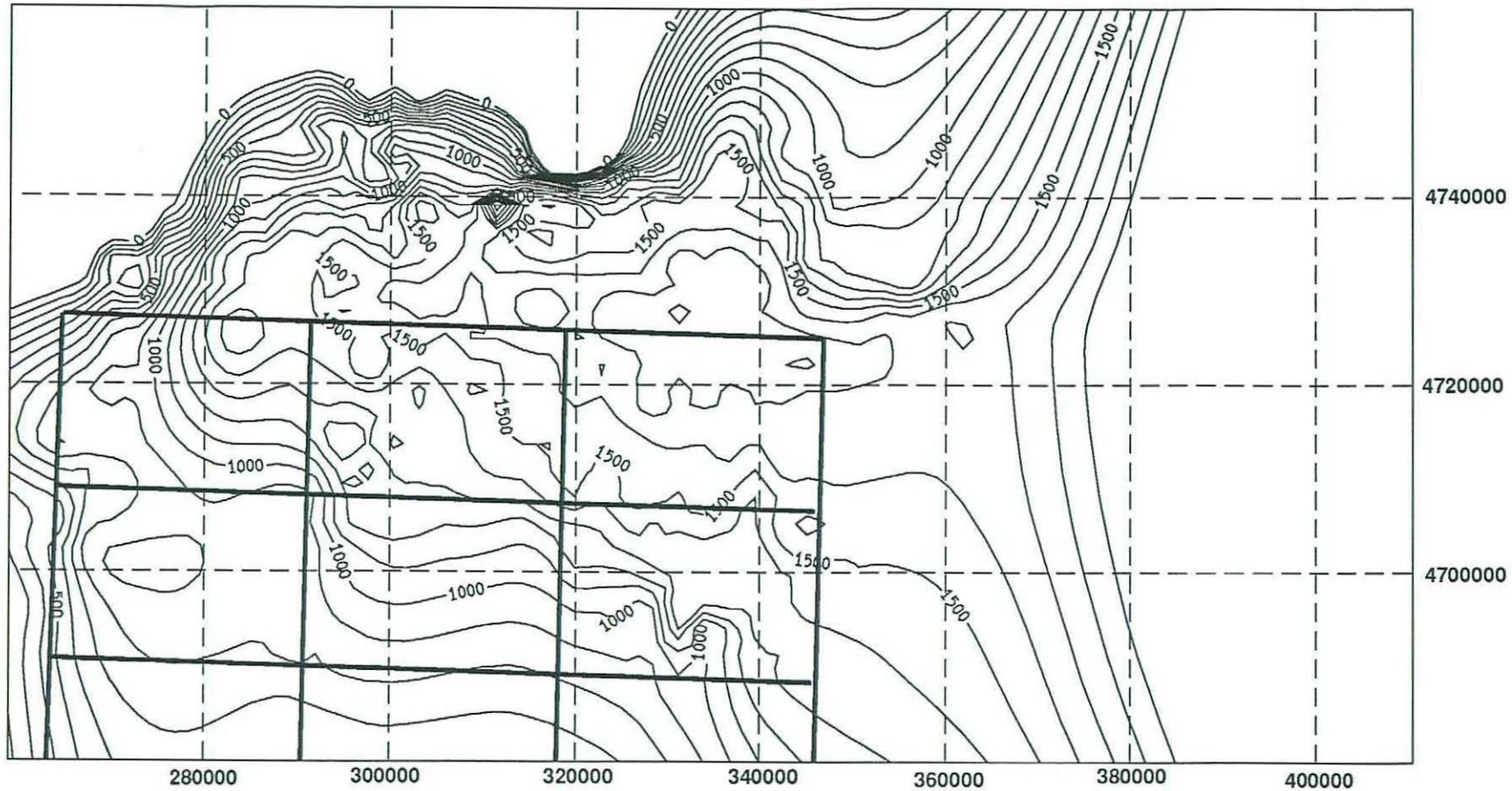


20 0 20 40

Mapa de Isobatas del Techo de la Fm. Utrillas
Intervalo de Contornos: 100 m

Sierra

2DI



UNIVERSIDAD DE OVIEDO
Departamento de Geología

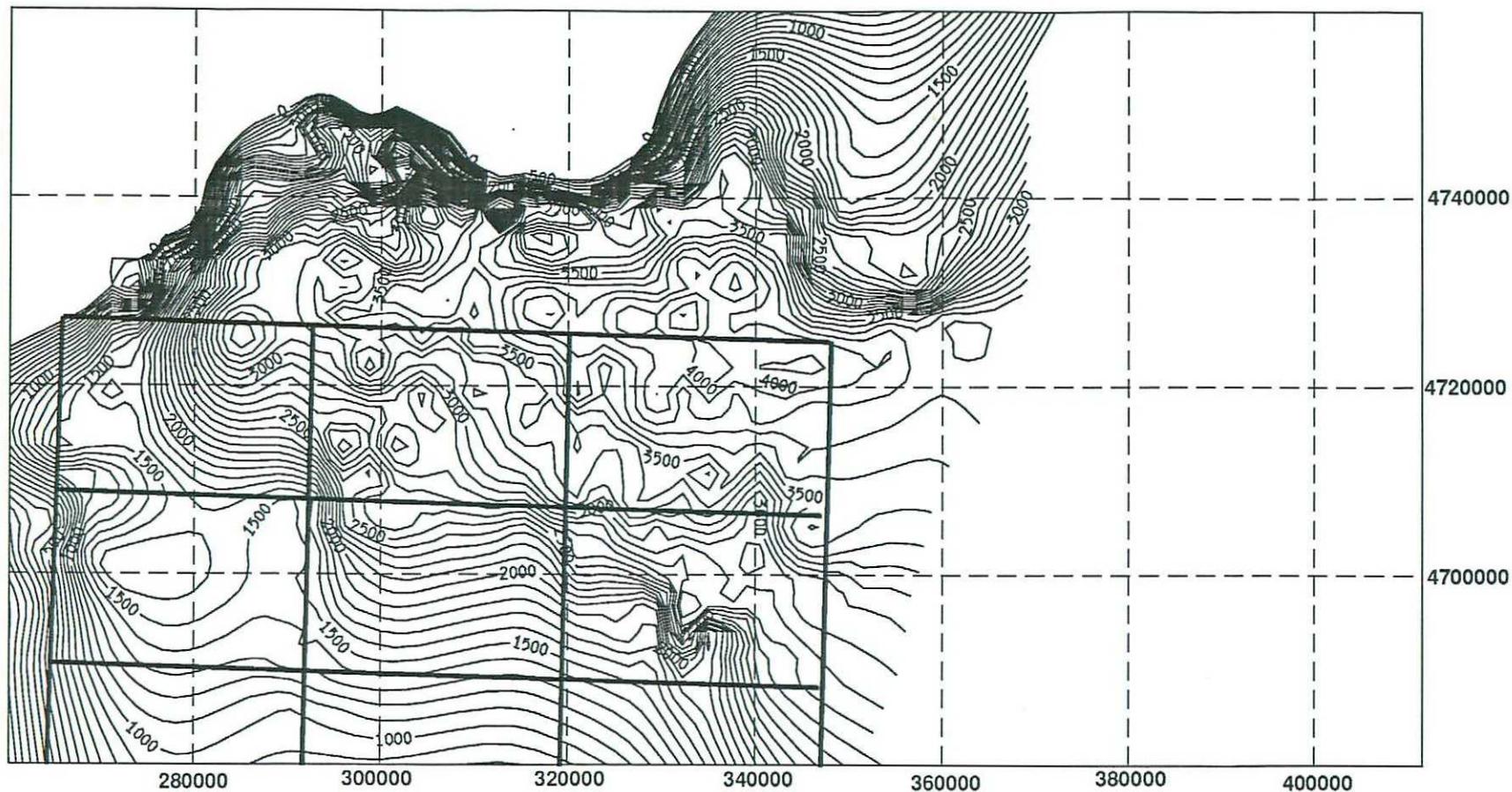
Proyección UTM



Mapa de Isocronas del Techo del Basamento-Base Mesozoico
Intervalo de Contornos: 100 mseg

Sierra.

2DI™



UNIVERSIDAD DE OVIEDO
Departamento de Geología

Proyección UTM



Mapa de Isobatas del Techo del Basamento-Base Mesozoico
Intervalo de Contornos: 100 m

Sierra

2DI™

CONCLUSIONES

- Se puede observar como el reflector que caracteriza a la caliza Cretácica se acuña hacia el oeste. Trazando una línea que une en los perfiles más hacia el O los puntos de tiro donde desaparece (o no se puede continuar su reflector hacia el O), se obtiene una línea que hacia el norte pasa al O de Brugos de Frenar, justamente donde desaparece cartográficamente la caliza.

- A lo largo de numerosos perfiles aparecen fallas inversas que afectan desde el Paleozoico hasta el techo de las calizas Santonienses.

- Existen algunos ejemplos de inversión tectónica en algunos puntos evidenciados por fallas que presentan rejuegos (DR85-08V hacia el PS 1475).

- Hacia la altura de León capital, en los perfiles DR85-01V y DR85-04V se observa como la profundidad de la cuenca disminuye en esa zona hasta situarse el techo del Paleozoico a unos 525 m aproximadamente (dato proveniente del sondeo petrolero León-1). Por ello se deduce la existencia de un umbral en la cuenca en esta zona sin poder llegar a determinarse su naturaleza.

- En el borde norte y oeste se puede ver como las capas presentan una disminución progresiva del buzamiento de las capas disponiéndose en estas en abanico, mientras que Terciario "onlapa" hacia el sur donde la cuenca parece elevarse. En aquellas zonas donde cartográficamente se observa una verticalización de las estructuras, no es posible observar reflector alguno en el perfil sísmico, debido a que el método de reflexión sísmica no permite obtener resultados para superficies con inclinaciones mayores a 40-45°.

- En el perfil N-S más occidental de la zona (DR85-01V), se observa como desaparece la Fm. Utrillas hacia el sur y a partir de este punto se ve como cambia la facies sísmica del techo del basamento debido a un cambio en la naturaleza del mismo. En esta zona el techo del basamento presenta numerosas difracciones y disrupciones típicas de una superficie erosiva. Esto nos lleva a pensar que la naturaleza del acuñamiento de la Fm. Utrillas es por truncamiento erosivo del Terciario.

BIBLIOGRAFIA

- ALONSO J.L., PULGAR J.A., GARCIA RAMOS J.C. & BARBA P. 1995.** Tertiary basins and Alpine tectonics in the Cantabrian Mountains (NW Spain): *en* FRIEND P.F. & DABRIO C.J. eds. Tertiary basins of Spain : Tectonics, climate and sea-level change. *Cambridge University Press*.
- ANDERSON, J. & CASTAGNA, J. 1984.** Analysis of sonic log compressional wave amplitudes using borehole compensation techniques : *Transactions of the SPWLA 10th Annual Logging Symposium*, Paper K.
- BROWN L.F. & FISHER W.L (eds). 1985.** Seismic Stratigraphic Interpretation and Petroleum Exploration : Continuing Education Course Note Series#16. *American Association of Petroleum Geologist*.
- CHAMBERLAIN, A.K. 1984.** Gamma ray logs: a correlation tool for frontier areas. *AAPG Bulletin*, 68, 1040-1043.
- CHURCH, K.D. & GAWTHORPE R.L. 1994.** High resolution sequence stratigraphy of the late Namurian in the Widmerpool Gulf (East Midlands, UK). *Marine and Petroleum Geology*, 11, (5), 528-544.
- CORROCHANO, A. 1989.** Facies del Cretácico terminal y arquitectura secuencial de los abanicos terciarios del borde norte de la Depresión del Duero (Valle de las Arrimadas, León). *Studia Geologica Salmanticensia*.
- COWAN D.R. & MYERS K.S. 1988.** Discussion. Surface Gamma-ray logs: A correlation tool for frontier areas. *Bulletin of American Association for Petroleum Geologist*, 72, 634-636.
- FONS, L. 1969.** Geological Applications of Well Logs. *Transactions of the SPWLA 10th Annual Logging Symposium*, Paper AA.
- HURST A., LOVELL M.A. & MORTON A.C. (eds). 1990.** Geological Applications of Wireline Logs . *Geological Society London, Special Publication 48*.
- KEARY P. & BROOKS M. 1992.** An Introduction to Geophysical Exploration. *Blackwell Scientific Publications*.
- PEIKERT E.W. 1986.** Stratigraphic Velocity Interpretation: National Petroleum Reserve-Alaska.: *en* BERG O.R. & WOOLVERTON D.G. eds. *Seismic Stratigraphy II: An Integrated Approach. American Association of Petroleum Geologist Memoir 39*, 209-222.
- RIDER, M. H. 1986.** *The geological interpretation of well logs*. Blackie, Glasgow.
- SERRA, O. & SULPICE, L. 1975.** Sedimentological analysis of shale-sand series from well logs. *Transactions of the SPWLA 16t*, Paper W.
- SHERIFF R.E. 1981.** Structural Interpretation of seismic Data. *Dallas Geological Society*.
- SIERRA EXPLORATION SOFTWARE. 1990.** Quiklog: Seismic Well-Log Analysis User Manual. *Sierra Geophysics Inc*.
- TELFORD W.M., GELDART L.P. & SHERIFF R.E. 1990.** Applied Geophysics. *Cambridge University Press*.
- THROCKMORTON, H. C. & AL-SHAIEB, Z. 1986.** Core-calibrated logs utilization in recognition of depositional facies and reservoir rock of the Henryhouse Formation (Silurian), Anadarko Basin. *Transactions of the SPWLA, 27th Annual Logging Symposium Transaction, (Society of Professional Well Log Analysts) Paper L*, 1-18.

ANEXO I

RELACION Y CARACTERISTICAS DE LOS SONDEOS UTILIZADOS

HOJAS 1:50.000

Hoja 129

Hoja 130

Hoja 161

Hoja 162

Hoja 194

Hoja 195

Hoja 196

Hoja 232

Hoja 234

LOCALIDAD	Fontanos de Torio
TIPO	Gamma
RANGO Y UNIDADES	0-100 c.p.s. / 0-214 m.
LITOLOGIA	Si
COORDENADAS	292286-4737856-1015
HOJA 1:50.000	Hoja 129

LOCALIDAD	Fontanos de Torio
TIPO	Resistividad
RANGO Y UNIDADES	0-60 ohm.m 6 0-214 m.
LITOLOGIA	Si
COORDENADAS	292286-4737856-1015
HOJA 1:50.000	Hoja 129

LOCALIDAD	Fontanos de Torio
TIPO	Velocidad
RANGO Y UNIDADES	0-214 m
LITOLOGIA	Si
COORDENADAS	292286-4737856-1015
HOJA 1:50.000	Hoja 129

LOCALIDAD	Fontanos de Torio
TIPO	Self potential
RANGO Y UNIDADES	0-120 mV. / 0-214 m.
LITOLOGIA	Si
COORDENADAS	292286-4737856-1015
HOJA 1:50.000	Hoja 129

LOCALIDAD	Lorenzana
TIPO	Gamma
RANGO Y UNIDADES	0-50 c.p.s. / 0-142 m.
LITOLOGIA	No
COORDENADAS	238757-4633365-885
HOJA 1:50.000	Hoja 129

LOCALIDAD	Riosequino de Torio
TIPO	Gamma
RANGO Y UNIDADES	0-50 c.p.s.
LITOLOGIA	No
COORDENADAS	289855-4731194-910
HOJA 1:50.000	Hoja 129

LOCALIDAD Riosequino de Torio
TIPO Gamma
RANGO Y UNIDADES c.p.s. / 0 -90 m.
LITOLOGIA No
COORDENADAS 289855-4731194-910
HOJA 1:50.000 Hoja 129

LOCALIDAD Santa Maria del Monte Condado
TIPO Gamma
RANGO Y UNIDADES 0-50 c.p.s. / 0-525 m.
LITOLOGIA Si
COORDENADAS 301975-4730163-1015
HOJA 1:50.000 Hoja 130

LOCALIDAD Santa Maria del Monte Condado
TIPO Gamma
RANGO Y UNIDADES 0-20 c.p.s. / 0-525 m.
LITOLOGIA Si
COORDENADAS 301975-4730163-1015
HOJA 1:50.000 Hoja 130

LOCALIDAD Santa Maria del Monte Condado
TIPO Resistividad
RANGO Y UNIDADES ohm.m / 0-525 m.
LITOLOGIA Si
COORDENADAS 301975-4730163-950
HOJA 1:50.000 Hoja 130

LOCALIDAD Sta Maria del Monte Condado
TIPO Velocidad
RANGO Y UNIDADES m/s / 0-525 m.
LITOLOGIA Si
COORDENADAS 301975-4730163-950
HOJA 1:50.000 Hoja 130

LOCALIDAD El Campillo
TIPO Velocidad
RANGO Y UNIDADES 375-2825 m. / 2177-7620 m/s
LITOLOGIA Si
COORDENADAS 357071-4731248 kb=1135,8; gl=1129,1:
HOJA 1:50.000 Hoja 132

LOCALIDAD Peña
TIPO Velocidad
RANGO Y UNIDADES 375-2290 m. / 2177-7620 m/s
LITOLOGIA Si
COORDENADAS 372065-4717549 kb=1180,5; gl=1176; s
HOJA 1:50.000 Hoja 132

LOCALIDAD Antibioticos
TIPO Gamma
RANGO Y UNIDADES 0-72 c.p.s. / 0-395 m.
LITOLOGIA Si
COORDENADAS 288212-4717535-815
HOJA 1:50.000 Hoja 161

LOCALIDAD Grulleros
TIPO Gamma
RANGO Y UNIDADES 0-50 c.p.s. / 0-580 m.
LITOLOGIA Si
COORDENADAS 290344-4709535-785
HOJA 1:50.000 Hoja 161

LOCALIDAD Grulleros
TIPO Resistividad
RANGO Y UNIDADES 0-500 ohm.m / 78-300 m.
LITOLOGIA No
COORDENADAS 290344-4709535-795
HOJA 1:50.000 Hoja 161

LOCALIDAD Grulleros
TIPO Velocidad
RANGO Y UNIDADES 78-300 m.
LITOLOGIA No
COORDENADAS 290344-4709535-785
HOJA 1:50.000 Hoja 161

LOCALIDAD Leon
TIPO Gamma
RANGO Y UNIDADES c.p.s. / 0 -149 m.
LITOLOGIA No
COORDENADAS 289419-4718949-835
HOJA 1:50.000 Hoja 161

LOCALIDAD	Leon
TIPO	Gamma
RANGO Y UNIDADES	0-80 c.p.s. / 0-550 m.
LITOLOGIA	No
COORDENADAS	289230-4721734-862
HOJA 1:50.000	Hoja 161

LOCALIDAD	Leon
TIPO	Resistencia
RANGO Y UNIDADES	0-200 ohm / 0-550 m.
LITOLOGIA	Si
COORDENADAS	289230-4721734-862
HOJA 1:50.000	Hoja 161

LOCALIDAD	Leon
TIPO	Self potential
RANGO Y UNIDADES	0-100 mV. / 0-550 m.
LITOLOGIA	Si
COORDENADAS	289230-4721734-862
HOJA 1:50.000	Hoja 161

LOCALIDAD	Leon
TIPO	Velocidad
RANGO Y UNIDADES	m/s / 0-550 m.
LITOLOGIA	Si
COORDENADAS	289230-4721734-862
HOJA 1:50.000	Hoja 161

LOCALIDAD	San Andres de Rabanedo
TIPO	Gamma
RANGO Y UNIDADES	0-80 c.p.s. / 0-385 m.
LITOLOGIA	Si
COORDENADAS	284903-4721218-865
HOJA 1:50.000	Hoja 161

LOCALIDAD	Valverde de la Virgen
TIPO	Resistividad
RANGO Y UNIDADES	0-500 ohm.m / 0-440 m.
LITOLOGIA	Si
COORDENADAS	283044-4718713-918
HOJA 1:50.000	Hoja 161

LOCALIDAD Valverde de la Virgen
TIPO Velocidad
RANGO Y UNIDADES m/s / 0-440 m.
LITOLOGIA Si
COORDENADAS 283044-4718713-918
HOJA 1:50.000 Hoja 161

LOCALIDAD Valverde de la Virgen
TIPO Self potential
RANGO Y UNIDADES 0-200 mV. / 0-440 m.
LITOLOGIA Si
COORDENADAS 283044-4718713-918
HOJA 1:50.000 Hoja 161

LOCALIDAD Castrillo de Porma
TIPO Gamma
RANGO Y UNIDADES 0-100 c.p.s. / 0-283 m.
LITOLOGIA No
COORDENADAS 304331-4720334-830
HOJA 1:50.000 Hoja 162

LOCALIDAD Villaverde la Chiquita
TIPO Resistividad
RANGO Y UNIDADES ohm.m / 0-593.5 m.
LITOLOGIA Si
COORDENADAS 301975-4730163-1003
HOJA 1:50.000 Hoja 162- 163

LOCALIDAD Villaverde la Chiquita
TIPO Velocidad
RANGO Y UNIDADES m/s / 0-593.5 m.
LITOLOGIA Si
COORDENADAS 301975-4730163-1003
HOJA 1:50.000 Hoja 162- 163

LOCALIDAD Villaverde la Chiquita
TIPO Gamma
RANGO Y UNIDADES 0-50 c.p.s. / 0-593.5 m.
LITOLOGIA Si
COORDENADAS 301975-4730163-1003
HOJA 1:50.000 Hoja 162-163

LOCALIDAD	Villameriel
TIPO	Velocidad
RANGO Y UNIDADES	350-2210 m. / 2177-7620 m/s
LITOLOGIA	Si
COORDENADAS	?
HOJA 1:50.000	Hoja 165

LOCALIDAD	Ardon
TIPO	Self potential
RANGO Y UNIDADES	200 mV. / 0-595 m.
LITOLOGIA	No
COORDENADAS	288800-4706450-790
HOJA 1:50.000	Hoja 194

LOCALIDAD	Cembranos
TIPO	Gamma
RANGO Y UNIDADES	0-60 c.p.s. / 0-555 m.
LITOLOGIA	Si
COORDENADAS	288018-4707583-800
HOJA 1:50.000	Hoja 194

LOCALIDAD	Cembranos
TIPO	Resistividad
RANGO Y UNIDADES	0-200 ohm.m / 0-555 m.
LITOLOGIA	Si
COORDENADAS	288018-4707538-800
HOJA 1:50.000	Hoja 194

LOCALIDAD	Cembranos
TIPO	Velocidad
RANGO Y UNIDADES	m/s / 0-555 m.
LITOLOGIA	Si
COORDENADAS	288018-4707538-800
HOJA 1:50.000	Hoja 194

LOCALIDAD	Fontecha
TIPO	Resistividad
RANGO Y UNIDADES	0-500 ohm.m / 0-347 m.
LITOLOGIA	No
COORDENADAS	278575-4701525-841
HOJA 1:50.000	Hoja 194

LOCALIDAD Fontecha
TIPO Velocidad
RANGO Y UNIDADES m/s / 0-347 m.
LITOLOGIA No
COORDENADAS 9278575-4701525-841
HOJA 1:50.000 Hoja 194

LOCALIDAD Fresnellino del Monte
TIPO Gamma
RANGO Y UNIDADES 0-50 c.p.s. / 98-590 m.
LITOLOGIA Si
COORDENADAS 288800-4706450-790
HOJA 1:50.000 Hoja 194

LOCALIDAD Fresnellino del Monte
TIPO Resistividad
RANGO Y UNIDADES 0-50 ohm.m / 0-418 m.
LITOLOGIA Si
COORDENADAS 288800-4706450-790
HOJA 1:50.000 Hoja 194

LOCALIDAD Fresnellino del Monte
TIPO Velocidad
RANGO Y UNIDADES m/s / 0-418 m.
LITOLOGIA Si
COORDENADAS 288800-4706450-790
HOJA 1:50.000 Hoja 194

LOCALIDAD Vega Infanzones
TIPO Self potential
RANGO Y UNIDADES 100-200 mV. / 0-580 m.
LITOLOGIA Si
COORDENADAS 291700-4706650-782
HOJA 1:50.000 Hoja 194

LOCALIDAD Vega Infanzones
TIPO Resistencia
RANGO Y UNIDADES 100-150 ohm / 0-580 m.
LITOLOGIA Si
COORDENADAS 291700-4706650-782
HOJA 1:50.000 Hoja 194

LOCALIDAD Vega Infanzones
TIPO Velocidad
RANGO Y UNIDADES m/s / 0-580 m.
LITOLOGIA Si
COORDENADAS 291700-4706650-782
HOJA 1:50.000 Hoja 194

LOCALIDAD Vega Infanzones
TIPO Velocidad
RANGO Y UNIDADES m/s / 0-580 m.)
LITOLOGIA Si
COORDENADAS 291700-4706650-782
HOJA 1:50.000 Hoja 194

LOCALIDAD Gigosos de los Oteros
TIPO Gamma
RANGO Y UNIDADES 0-50 c.p.s. / 0-300 m.
LITOLOGIA No (Registro de acuíferos)
COORDENADAS 293139-4695156-782
HOJA 1:50.000 Hoja 195

LOCALIDAD Cea
TIPO Gamma
RANGO Y UNIDADES 0-60 c.p.s. / 0-470 m.
LITOLOGIA Si
COORDENADAS 334175-4703014-825
HOJA 1:50.000 Hoja 196

LOCALIDAD Codornillos
TIPO Gamma
RANGO Y UNIDADES 0-80 c.p.s. / 0-515 m.
LITOLOGIA Si
COORDENADAS 330787-4697138-823
HOJA 1:50.000 Hoja 196

LOCALIDAD Codornillos
TIPO Resistencia
RANGO Y UNIDADES 0-500 ohm / 0-515 m.
LITOLOGIA Si
COORDENADAS 330787-4697138-823
HOJA 1:50.000 Hoja 196

LOCALIDAD Codornillos
TIPO Self potential
RANGO Y UNIDADES 200 mV. / 0-515 m.
LITOLOGIA Si
COORDENADAS 330787-4697138-823
HOJA 1:50.000 Hoja 196

LOCALIDAD Codornillos
TIPO Velocidad
RANGO Y UNIDADES 0-515 m.
LITOLOGIA Si
COORDENADAS 330787-4697138-823
HOJA 1:50.000 Hoja 196

LOCALIDAD Gordaliza del Pino
TIPO Gamma
RANGO Y UNIDADES 0-80 c.p.s. / 0-515 m.
LITOLOGIA Si
COORDENADAS 321313-4689781-817
HOJA 1:50.000 Hoja 196

LOCALIDAD Santa Maria del Monte de Cea
TIPO Resistividad
RANGO Y UNIDADES 0-500 ohm.m / 0-400 m.
LITOLOGIA Si
COORDENADAS 326103-4705613-810
HOJA 1:50.000 Hoja 196

LOCALIDAD Santa Maria del Monte de Cea
TIPO Velocidad
RANGO Y UNIDADES 0-400 m.
LITOLOGIA Si
COORDENADAS 326103-4705613-810
HOJA 1:50.000 Hoja 196

LOCALIDAD Arenillas de Valderaduey
TIPO Gamma
RANGO Y UNIDADES 0-150 A.P.I. / 0-608 m.
LITOLOGIA Si
COORDENADAS 330276-468321-785
HOJA 1:50.000 Hoja 198

LOCALIDAD	Laguna Negrillos
TIPO	Resistividad
RANGO Y UNIDADES	0-200 ohm.m / 0-337 m.
LITOLOGIA	No
COORDENADAS	281075-4679004-773
HOJA 1:50.000	Hoja 232

LOCALIDAD	Laguna Negrillos
TIPO	Self potential
RANGO Y UNIDADES	MVolt. / 0-337 m.
LITOLOGIA	No
COORDENADAS	281075-4679004-773
HOJA 1:50.000	Hoja 232

LOCALIDAD	Laguna Negrillos
TIPO	Velocidad
RANGO Y UNIDADES	m/s
LITOLOGIA	No
COORDENADAS	281075-4679004-773
HOJA 1:50.000	Hoja 232

LOCALIDAD	Valencia de Don Juan
TIPO	Gamma
RANGO Y UNIDADES	0-550 m.
LITOLOGIA	Si
COORDENADAS	292614-4686682-760
HOJA 1:50.000	Hoja 232

LOCALIDAD	Villamañan
TIPO	Gamma
RANGO Y UNIDADES	c.p.s. / 0-430 m.
LITOLOGIA	Si
COORDENADAS	286708-4689174-780
HOJA 1:50.000	Hoja 232

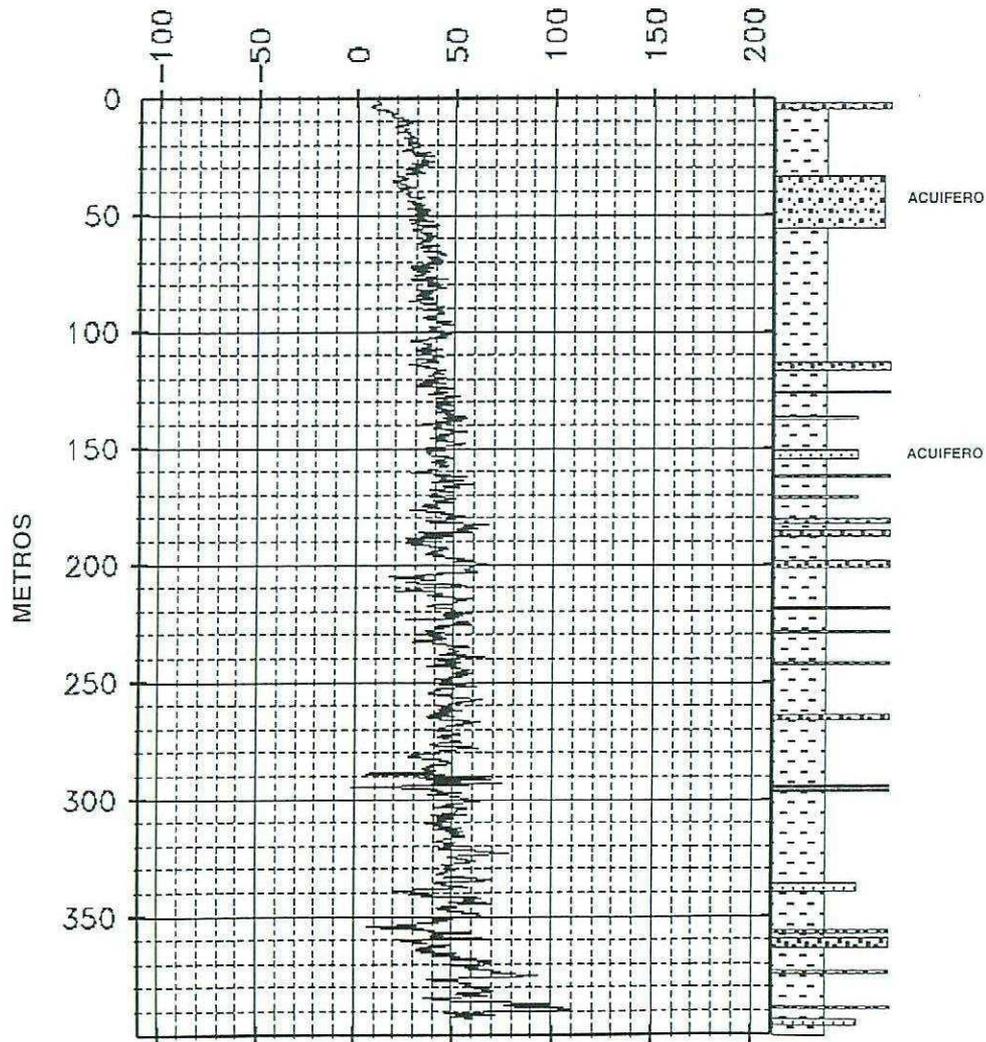
LOCALIDAD	Arenillas de Valderaduey
TIPO	Gamma
RANGO Y UNIDADES	0-50.49 c.p.s. / 0-608 m.
LITOLOGIA	Si
COORDENADAS	330276-468321-785
HOJA 1:50.000	Hoja 234

ANEXO II

DIAGRAFIAS DE RAYOS GAMMA,
SONICAS Y COLUMNA LITOLÓGICA

ANTIBIOTICOS

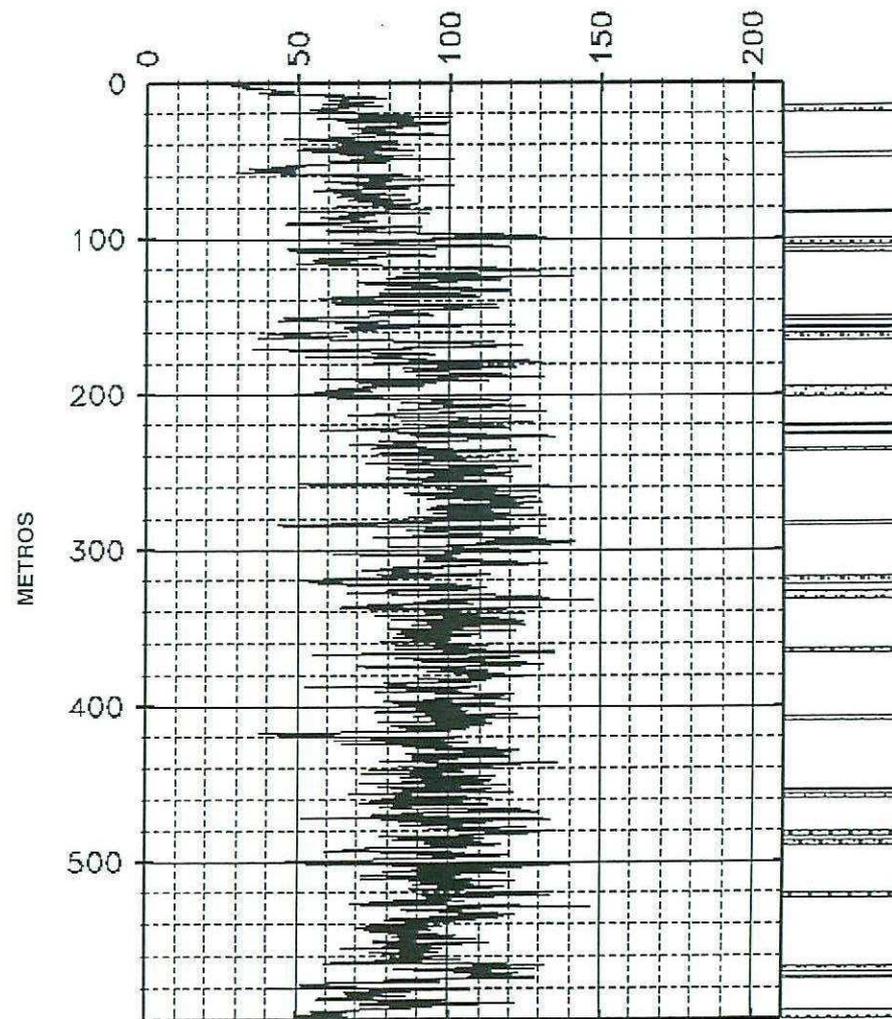
GAMMA
C.P.S.



ANTIBIOTICOSGR1

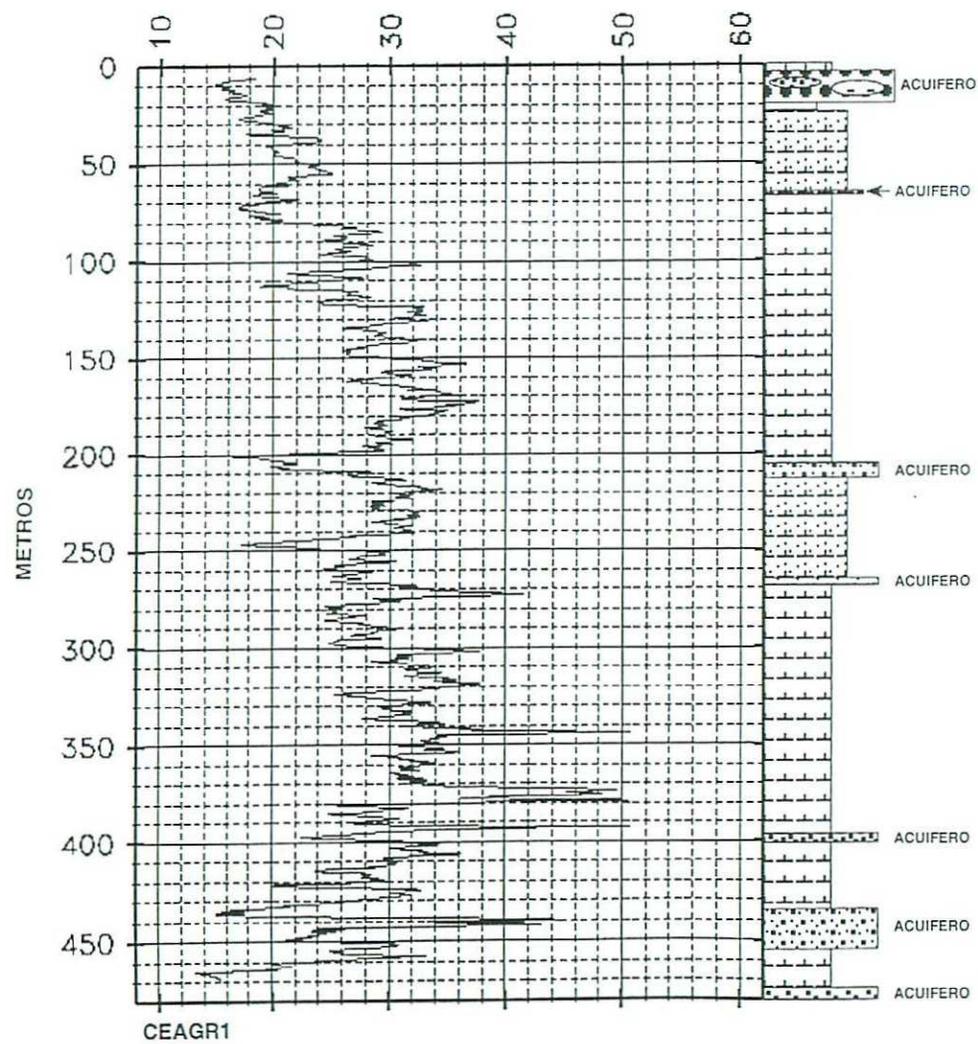
ARENILLAS DE VALDERADUEY

GAMMA
A.P.I.

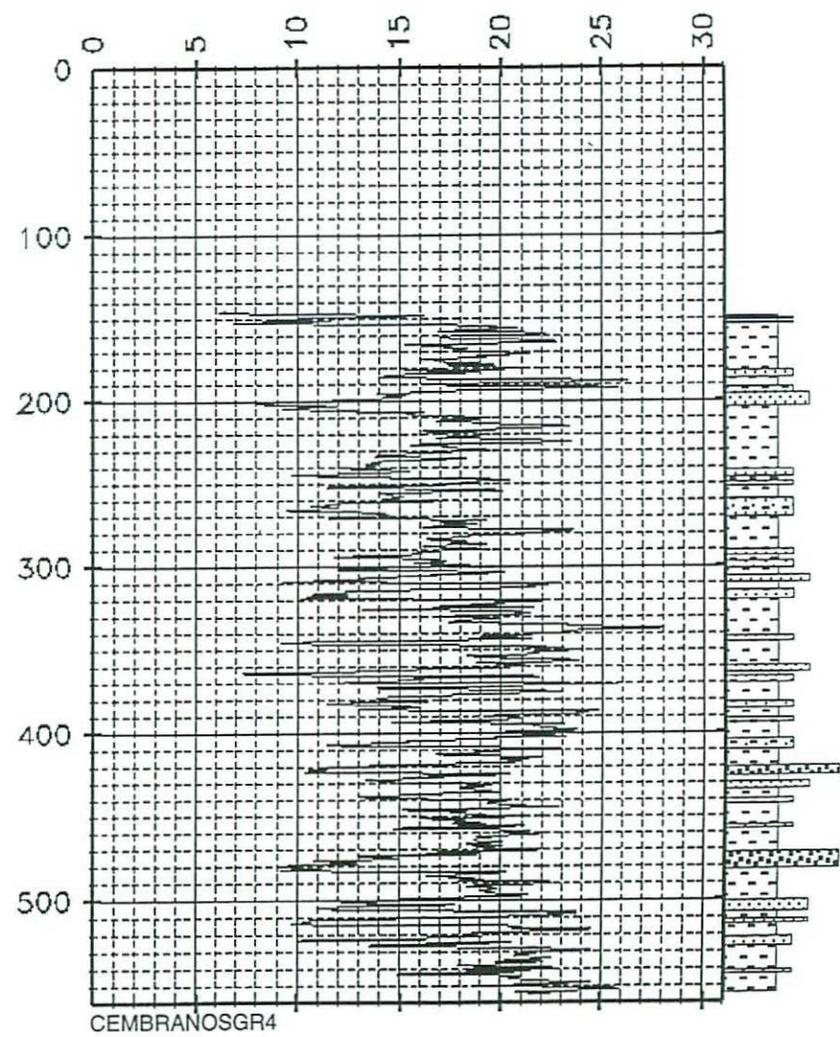


ARENILLASGR2

CEA
GAMMA
C.P.S.

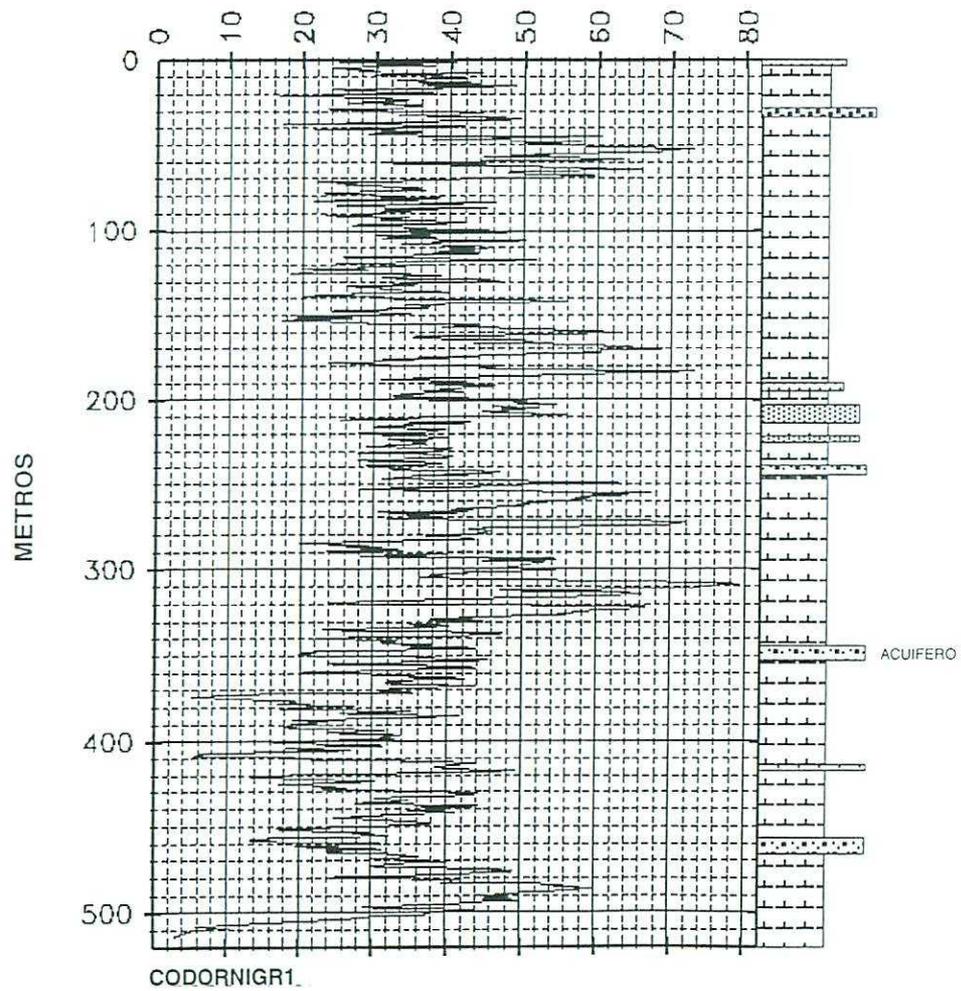


CEMBRANOS
GAMMA
C.P.S.



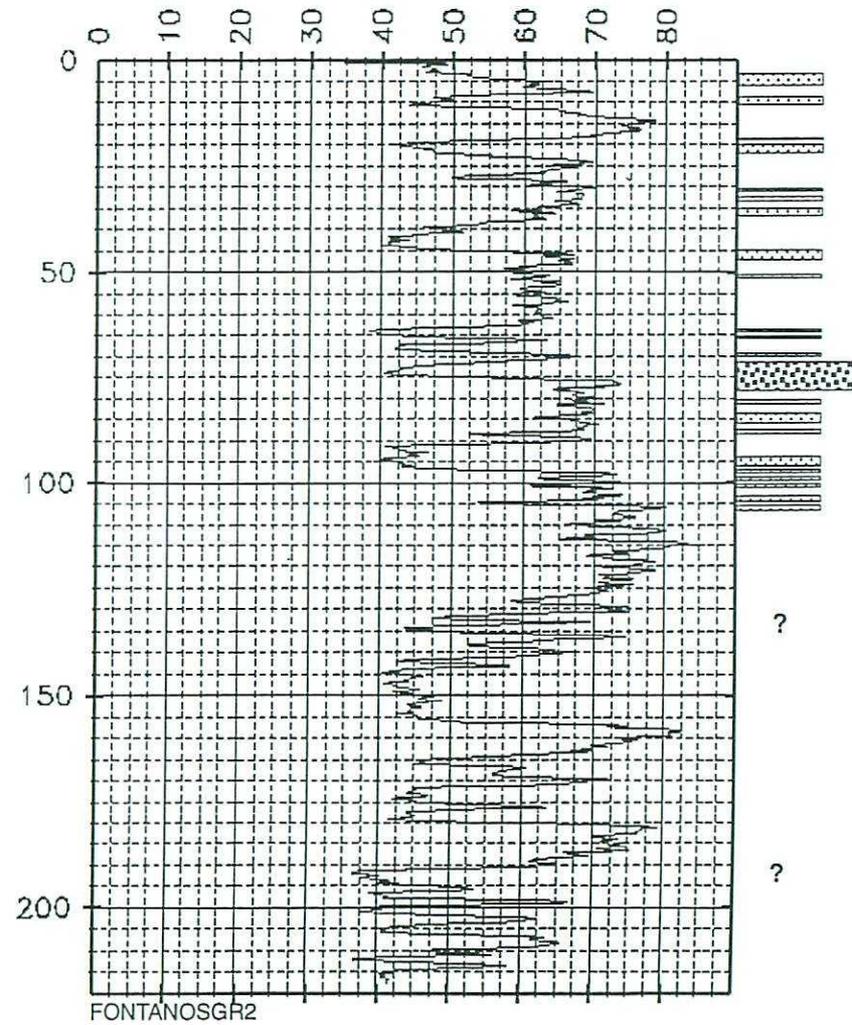
CODORNILLOS

GAMMA
C.P.S.



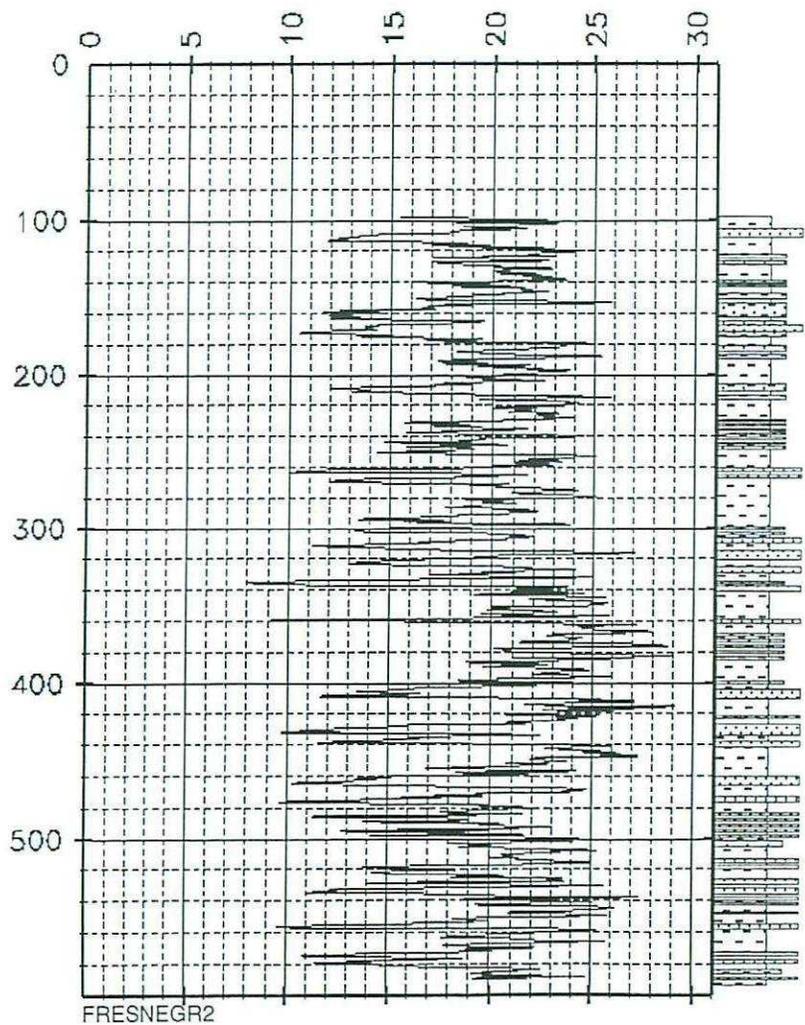
FONTANOS DE TORIO

GAMMA
C.P.S.



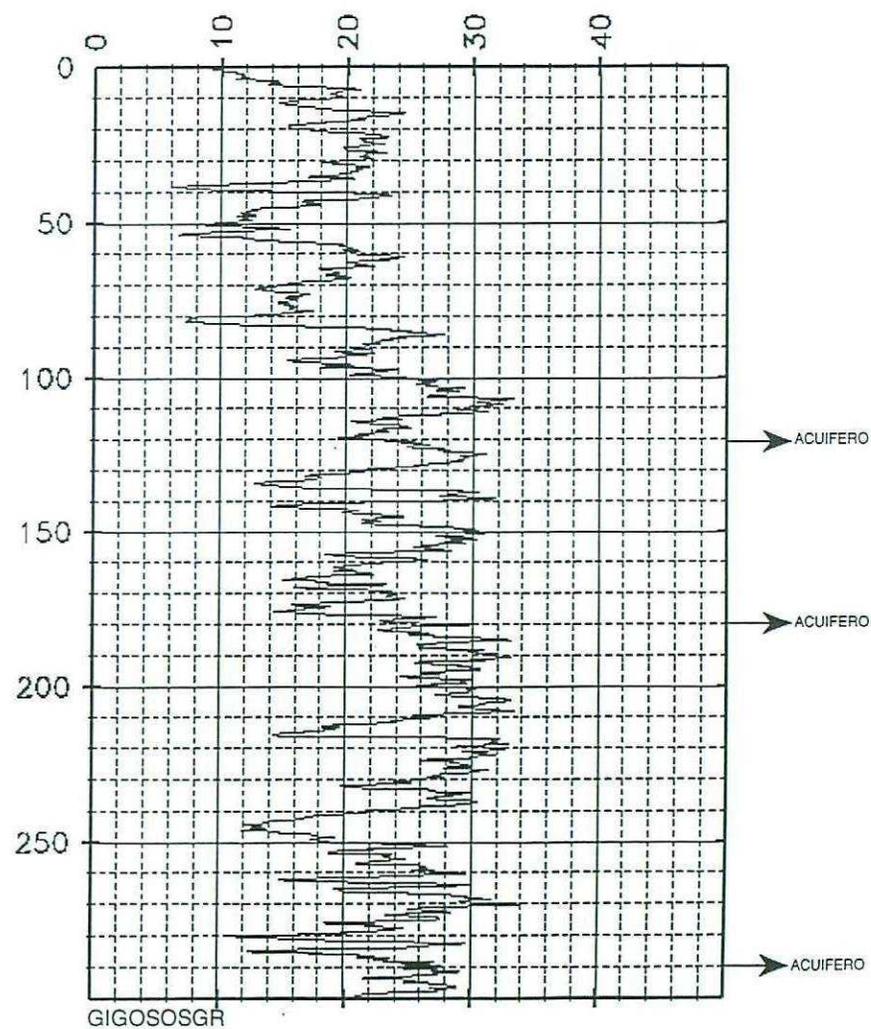
FRESNELLINO DEL MONTE

GAMMA
C.P.S.



GIGOSOS DE LOS OTEROS

GAMMA
C.P.S.

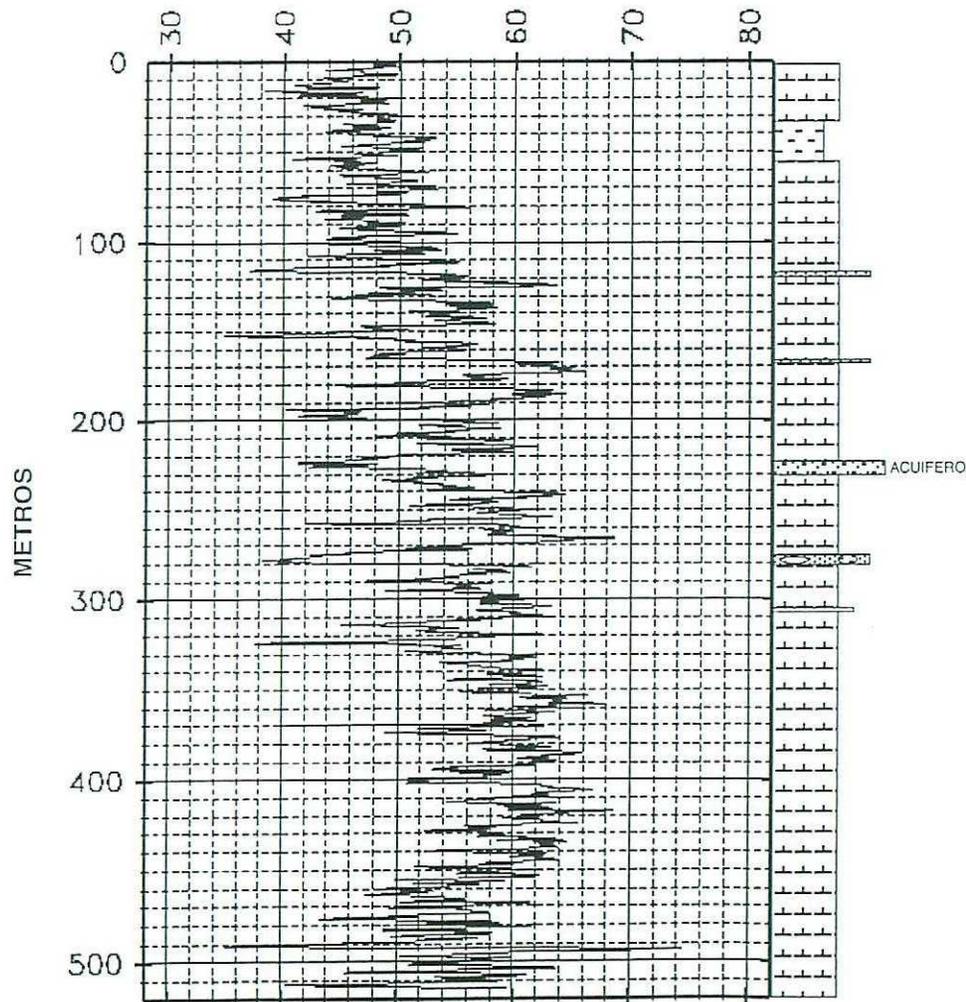


325 → ACUIFERO

340 → ACUIFERO

GORDALIZA DEL PINO

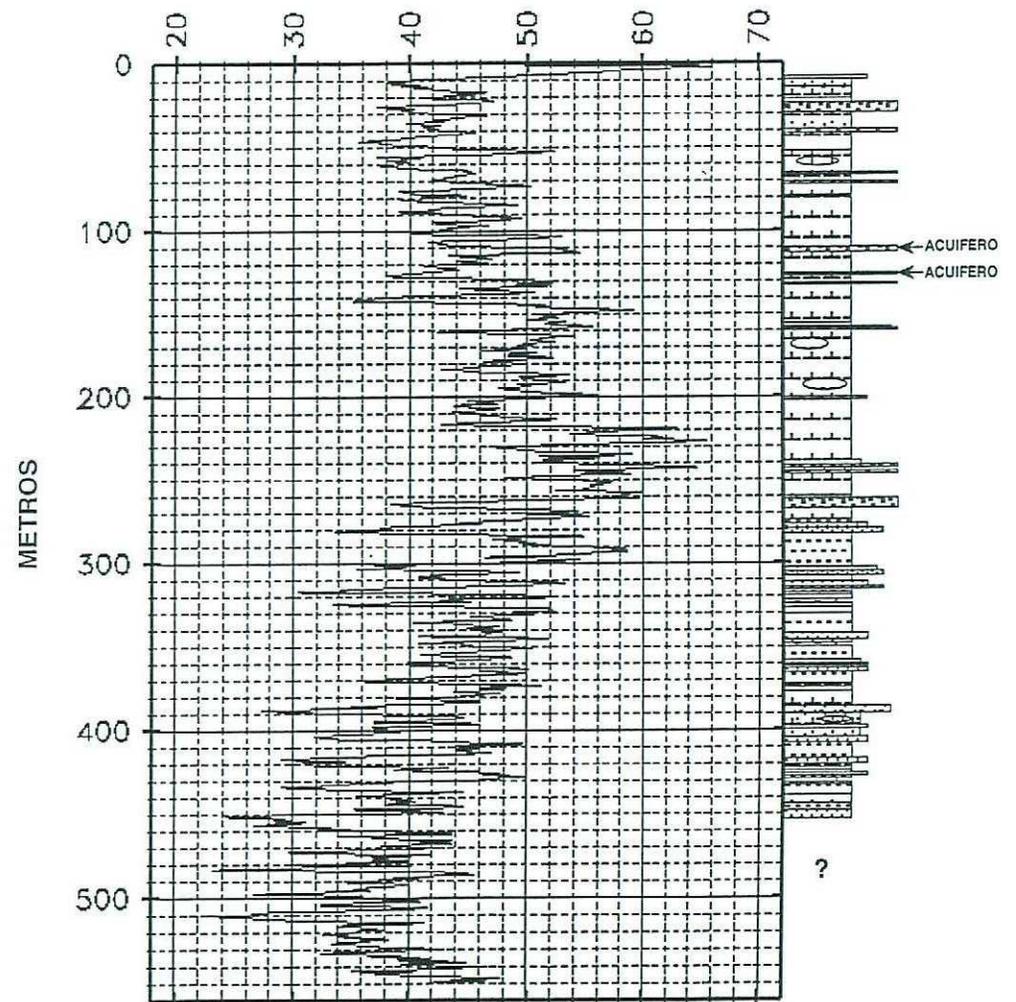
GAMMA
C.P.S.



GORDALIZAGR1

LEON-B

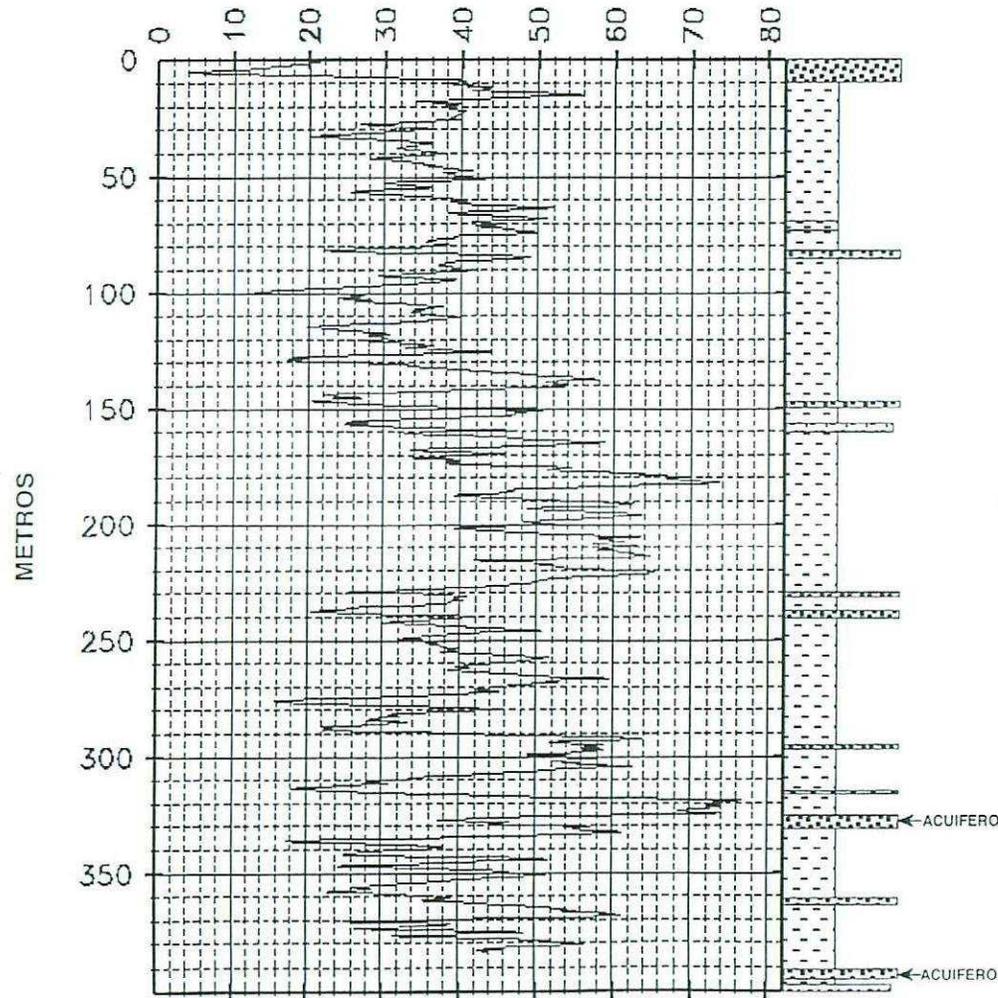
GAMMA
C.P.S.



LEONBGR1

SAN ANDRES DE RABANEDO

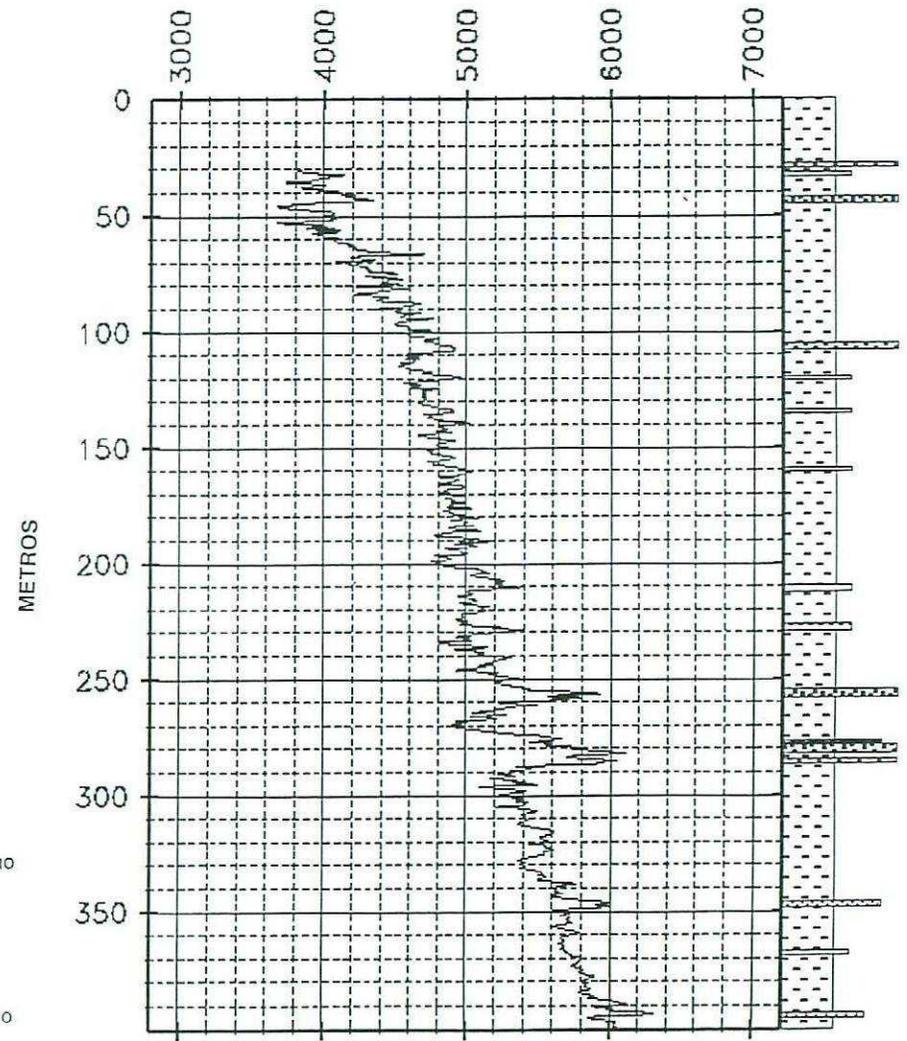
GAMMA
C.P.S.



SANANDRESGR1

SANTA MARIA DEL MONTE DE CEA

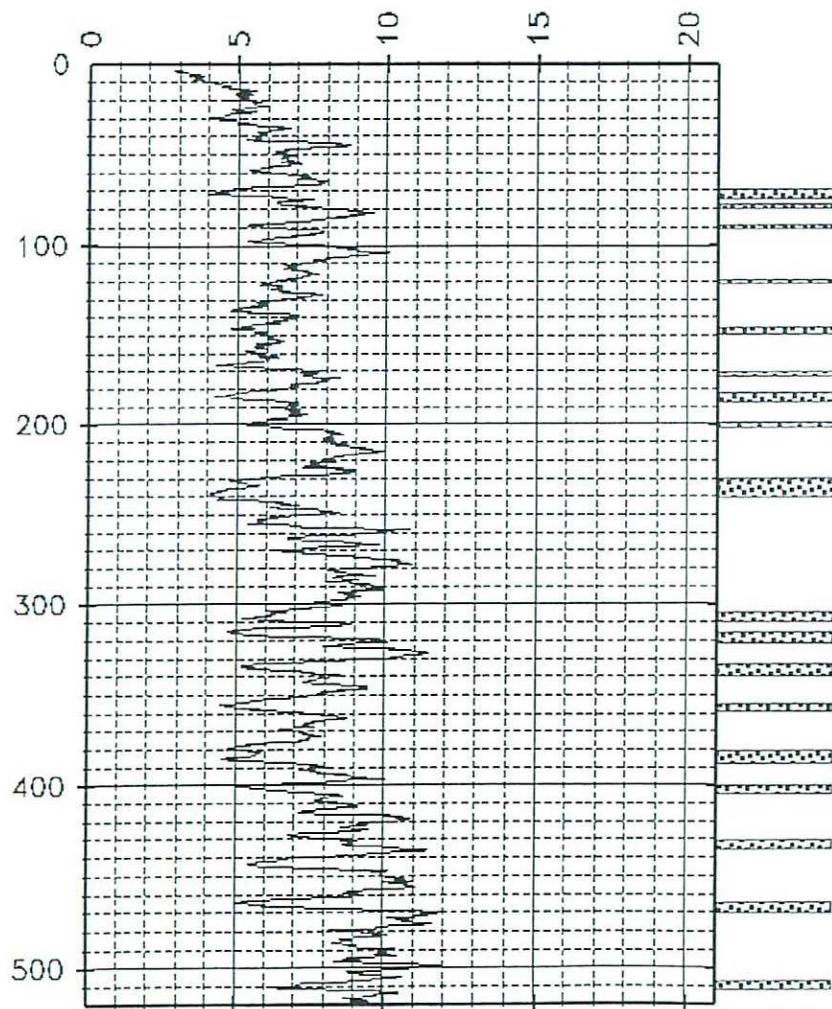
VELOCIDAD
M/S



STAMARCEAVEL1

STA. MARIA DEL MONTE CONDADO

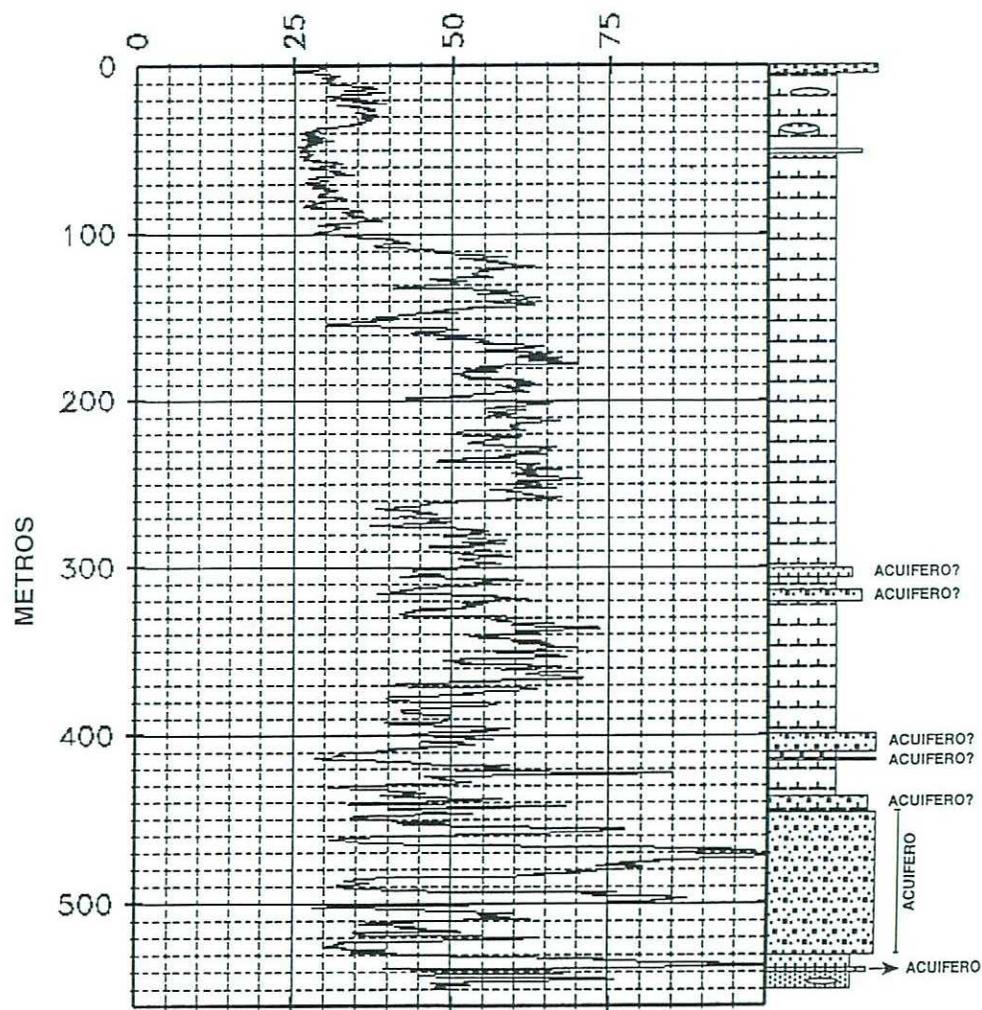
GAMMA
C.P.S.



STAMARIAGR4

VALENCIA DE DON JUAN

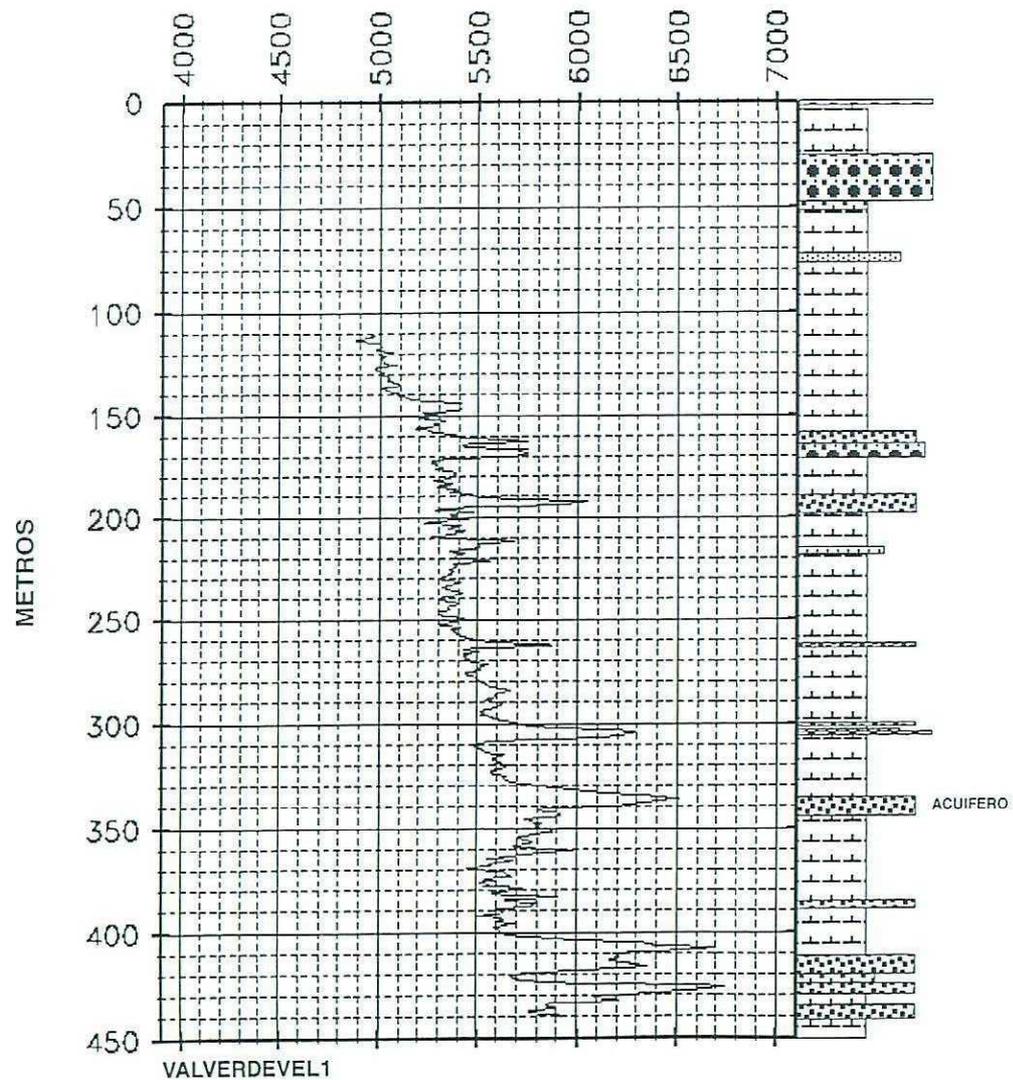
GAMMA
C.P.S.



VALENCIAGR2

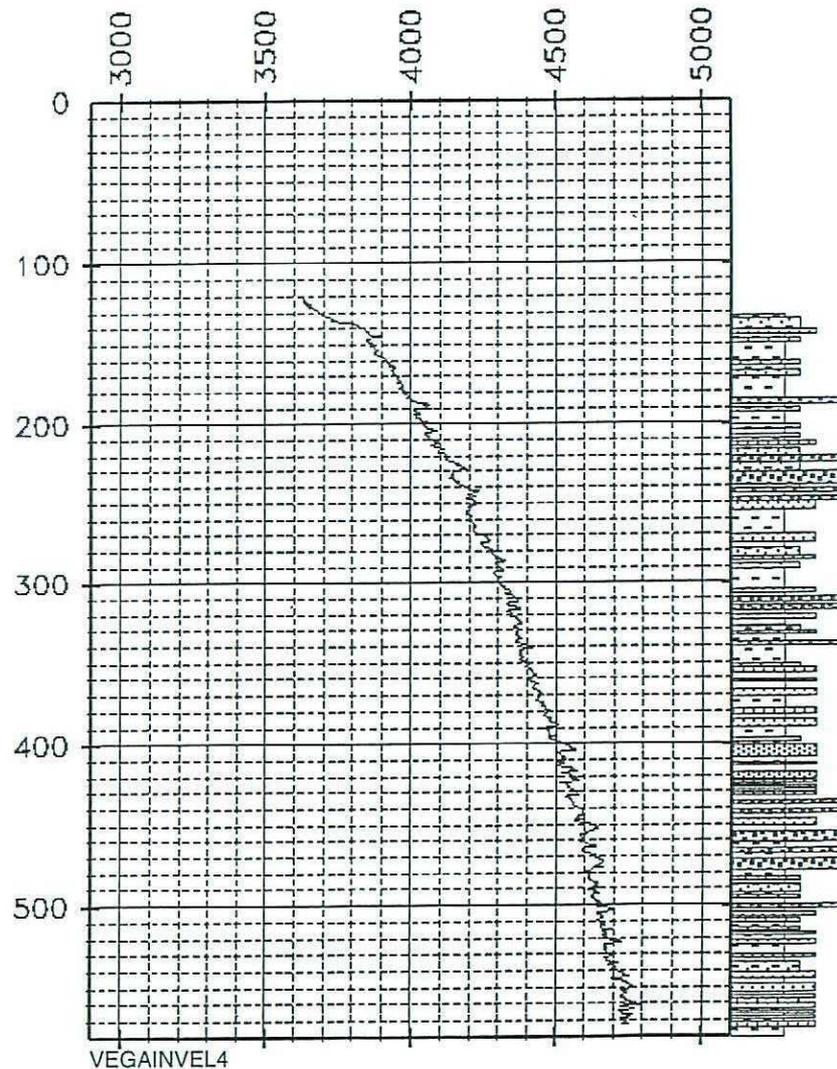
VALVERDE DE LA VIRGEN

VELOCIDAD
M/S



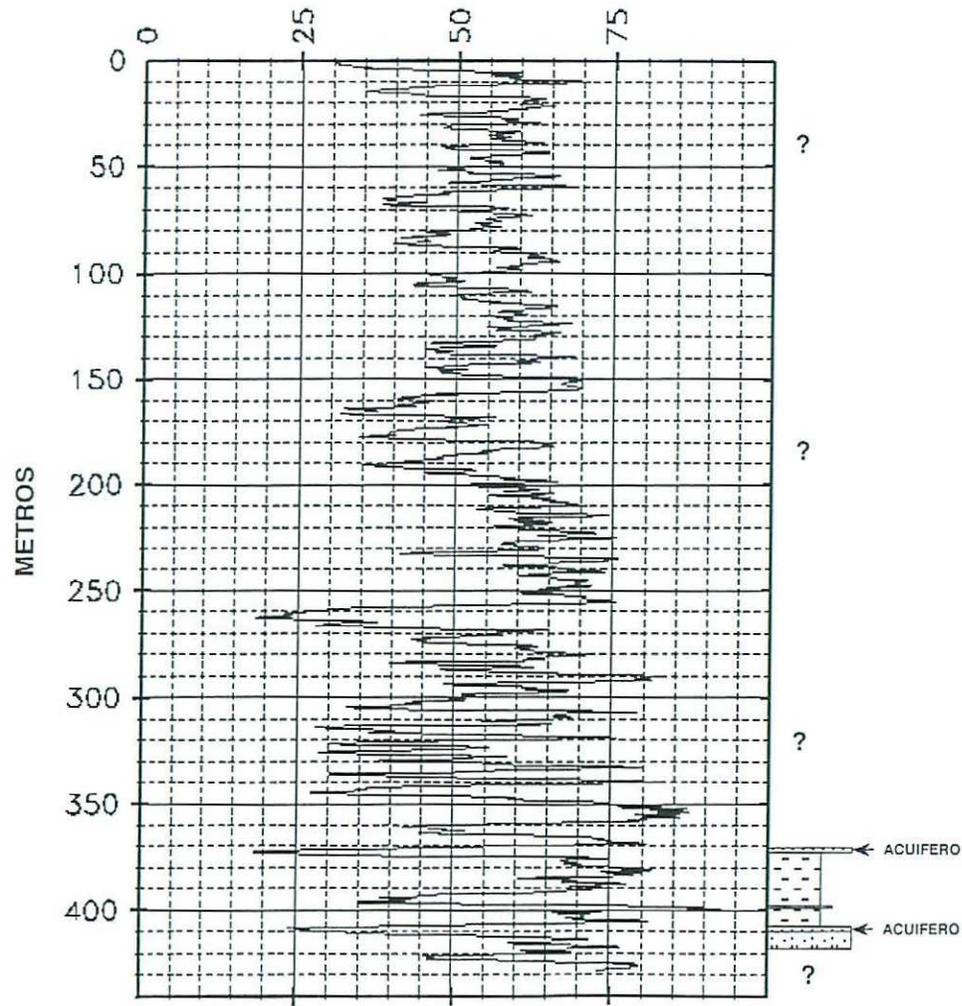
VEGA INFANZONES

VELOCIDAD
M/S



VILLAMAÑAN

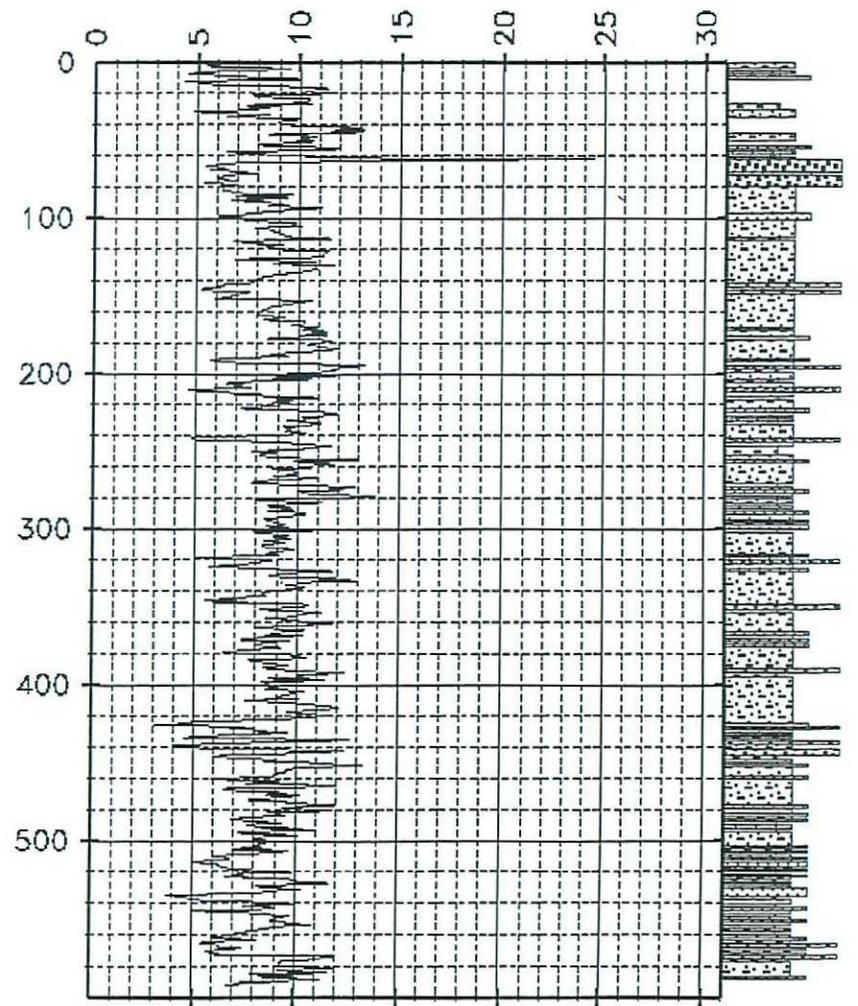
GAMMA
C.P.S.



VILLAMANANGR1

VILLAVERDE LA CHIQUITA

GAMMA
C.P.S.



VILLAVERDEGR2

ANEXO III

LISTADO DE LAS CORRELACIONES REALIZADAS

CORTEVEL 1-7

CORTEGR 1-9

SECCION ESTRATIGRAFICA	<u>CORTEVEL1</u>
SONDEOS CRULLEROS-FONTECHA-FRESNELLINO-CEMBRANOS	
PROPIEDAD VELFIELD (m/s)	ORIENTACION N-S (DW 0-600 m.)

OBSERVACIONES

Sondeo litológico de referencia FRESNELLINO.

Tramos diferenciados y correlacionados. ,

- (1) 120 a 125 m en el S.
- (2) 180 m. N a 215 m. S.
- (3) 220 m. N a 270 m en el S.
- (4) 290 m. N A 315 m. S.

Mayores valores de velocidad en Grulleros y Cembranos. acuñamiento hacia el Sur de un posible cuerpo posiblemente arenoso (valores altos de m/s) de 220 a 300 m. de profundidad aproximadamente en la zona de Crulleros. El log de Fontecha presenta valores bajos de m/s.

SECCION ESTRATIGRAFICA	<u>CORTEVEL2</u>
SONDEOS STAMARIA-VALVERDE	
PROPIEDAD VELFIELD	ORIENTACION SW-NE (DW 0-520 m.)

OBSERVACIONES

EXISTE UN REGISTRO DE GRAVAS Y CANTOS EN EL LOG STAMARIA. Picos de velocidad de mayor valor en m/s de unos 5200 a 6700 m/s se corresponden con niveles de cantos y gravas.

- (1) 150 m. Capa de gravas . Buena correlación en m/s.
- (2) 170 m. Capa de gravas. Buena correlación.
- (3) 185 m. SW a 195 m. en el NE. Buena correlación.
- (4) 310 m. Ligeramente inclinada hacia el SW) . Buena correlación.
- (5) 340 m. Buena correlación.
- (6) 450 m. SW a 400 m. NE. Buena correlación . Buza hacia el Sur??

En el corte se puede adivinar la continuidad de algunos niveles de conglomerados/gravas buzando hacia el Sur. (Algunas capas se acuñan hacia el N).

SECCION ESTRATIGRAFICA	<u>CORTEVEL3</u>
SONDEOS CRULLEROS-CEMBRANOS- FRESNELLINO -FONTECHA	
PROPIEDAD VELFIELD	ORIENTACION N-S (DW 550 m.)

OBSERVACIONES

- (1) 125 m.
- (2) 150 m.
- (3) 200-210 m.
- (4) 265 m.
- (5) 315 m.

Corresponden a niveles de arenas con bastante buena correlacion en base a los testigos. Se puede observar que existe acuñamiento hacia el S. de las zonas con más gravas/arenas (Mayores valores de m/s). Tambien se ve el efecto de la compactación o bien el mayor % de arenas en profundidad ya que van aumentando los valores de velocidad con la profundidad. Posibles series granodecrecientes con base encima de los niveles correlacionados. El sondeo Fresnevel presenta menores valores de profundidad. Esto puede ser debido a un error de calibración o a un menor % de arenas en esta zona. En este último caso la sección puede interpretarse como un cuerpo lutítico entre dos cuerpos arenosos que se acuñan hacia el centro.

SECCION ESTRATIGRAFICA **CORTEVEL4****SONDEOS** LEONB-VILLAVERDE-VEGAIN

PROPIEDAD VELFIELD

ORIENTACION N-S (DW 600 m.)

OBSERVACIONES

Existe un sondeo litológico de VEGAIN y VILLAVERDE. VILLAVERDE predominio de facies areno-arcillosas. VEGAIN predominio de arcillas con abundantes intercalaciones de cantos.

Se intenta correlacionar capas de cantos/gravas que se corresponden con picos de velocidad.

Tramos y capas identificados:

(1) 60-80 m. (Capa de 20 m. de espesor)

(2) 125-150 m. (Capa de 20 m. de espesor). En el corte aparece como 4 capas, pero son dos capas a techo y muro.

(3) 180 m.

(4) 210 m.

(5) 340 m.

(6) 420 m.

Ajuste bastante bueno en valores absolutos. Aparecen 2 cuerpos de arenas de valores altos de m/s a la altura de Villaverde a 340 m. y a 420 a 440 m.

SECCION ESTRATIGRAFICA **CORTEVEL5****SONDEOS** VILLAVERDE-STAMARCEA-CODORNI

PROPIEDAD VELFIELD

ORIENTACION N-S (DW 600 m.)

OBSERVACIONES

(1) 60 m. a 90 m. capa que se acuña hacia el S. Nivel de cantos/gravas que desaparece??

(2) 140 m. a 160 m. Zona de gravas en sondeo litológico. La correlación en c.p.s. es muy buena

(3) 210 m.

(4) 240 m.

(5) 345 m.

Aparecen dos cuerpos lenticulares en el centro de la sección con mayor velocidad. Posibles arenas.

Pueden interpretarse como cuerpos con una secuencia granodecreciente al ser su base una zona de alta velocidad y hacia el techo decrece.

SECCION ESTRATIGRAFICA **CORTEVEL6****SONDEOS** VEGAIN-FRESNE-FONTECHA-STAMARCEA

PROPIEDAD VELFIELD

ORIENTACION W-E (DW 600 m.)

OBSERVACIONES

El corte tiene 60 Km. de distancia

(1) 150 m.

(2) 200-210 m. Se corresponde con un nivel de arenas/arcillas.

(3) 270 m. Ligeramente inclinado hacia el W.. Correlacionada con arenas del sondeo.

(4) 370 m. Zona con arenas/arcillas.

El sondeo del centro que es el de Fresnelino tiene menores valores de m/s. Parece presentar un lentejón de arenas que se acuña hacia el W. En esta forma acuñada la base presenta valores de m/s altos. Se pueden distinguir 4 secuencias entre los 250 y los 400 m. de profundidad. Se observa en el sondeo de Stamarcea que con la profundidad aumenta el valor de la velocidad.

SECCION ESTRATIGRAFICA

CORTEVEL7

SONDEOS LEONB-VILLAVERDE

PROPIEDAD VELFIELD

ORIENTACION N-S (DW 0-600 m.)

OBSERVACIONES

35 KM. DE LARGO .

Litología de referencia del sondeo de Villaverde .

(1) 100 m.; Arenas

(2) 150 m. Acuñaada hacia el W capa de cantos y gravas.

(3) 190 m. en el W. hasta 200 m. en el E. Zona de arenas sobre cantos.

(4) 240 m. Cantos.

(5) 350 m. Gravas. Muy buena correlacion en m/s.

(5) 420 m. Gravas.

Esta sección es muy similar a CORTEVEL4.

SECCION ESTRATIGRAFICA**CORTEGR1****SONDEOS CODORNIGR-GORDALIZAGR-ARENILLAS2GR****PROPIEDAD GAMMA RAY****ORIENTACION N-S (DW 610 m.)****OBSERVACIONES**

Según el mapa, en esta zona la facies que aflora el Complejo de Abanicos intermedio.

La correlación se ha hecho en base a capas de gravas/arenas del sondeo de Arenillas y los acuíferos de Gigosos.

Se correlacionan los mínimos de cps (arenas o caliches).

Codornillos valores muy bajos de cps. Arenillas esta transformado a cps a partir de API.(0.3366cps=1 API.).Gordaliza presenta los mayores vlores de cps.

- (1) 75 m. N a 100 m. S. Nivel de conglomerados en Arenillas.
- (2) 120 m. Coincide con el acuífero.
- (3) 155 m. Aprox. horizontal. Gravas/ arenas.
- (4) 200 m. Aprox. horizontal. Gravas/ arenas.
- (5) 270 m. N a 290 m.S. Gravas/ arenas.
- (6) 320 m. Horizontal. Capa de gravas y acuífero en Gigosos muy fuerte.
- (7) 380 m. Horizontal.
- (8) 410 m.??Pico poco pronunciado. Capa delgada de gravas.
- (9) 460 m. Capa de gravas/cantos.

SECCION ESTRATIGRAFICA**CORTEGR2****SONDEOS FONTANOS-RIOSEQUINO2- STAMARIA****PROPIEDAD GAMMA RAY****ORIENTACION W-E (DW 520 M)****OBSERVACIONES**

Fontanos y Sta. Maria del Monte tienen litología .

Mayores valores de cps en Fontanos.

- (1) 100 m. W a 90 m. E. Gravas . Mala correlación.
- (2) 140 m. W a 120 m. E. Gravas. Inclinada hacia el W.
- (3) 195 m W a 180 m. E Arenas y gravas. Inclinada hacia el W.

En este corte se puede observar :

(A) Cuerpos lenticulares de disposición E-W con series que se pueden interpretar como formadas por varias secuencias negativas (Forma de campana y formas de embudos).

(B) Mala calibración y correlación de los logs al presentar diferentes rangos de valores de cps. Salto brusco a 50 m. ¿Error del equipamiento?.

SECCION ESTRATIGRAFICA**CORTEGR3****SONDEOS LEONB-SAN ANDRES-ANTIBIOTICOS****PROPIEDAD GAMMA RAY****ORIENTACION N-S (DW 550 m.)****OBSERVACIONES**

Niveles correlacionados:

- (1) 140 m.
- (3) 220 m. , profundizando hacia el Sur.
- (4) 260 m. N a 280 m. S
- (5) 280 m. a 300 m. S
- (6) 320 m. en el N a 330 m. en el S
- (7) 370 m. N a 380 m. S. Profundiza hacia el Sur.

En esta sección predominan los valores medios de cps (30 a 50 cps). Se pueden esbozar algunas pasadas de arcillas (picos valores de cps mayores), lenticulares y acuñaadas.

En general en la sección no se puede adivinar ninguna secuencia, pero la correlación en valores absolutos de cps entre los sondeos de los diferentes niveles marcados es bastante buena.

SECCION ESTRATIGRAFICA **CORTEGR4**

SONDEOS GIGOSOS-VILLAMANAN-VALENCIA

PROPIEDAD GAMMA RAY

ORIENTACION N-S (DW 560 m.)

OBSERVACIONES

Correlación con los niveles de acuíferos de GIGOSOS y con la testificación litológica de VALENCIA:

- (1) 120 m. N a 105 m. S.
- (2) 180 m. N a 190 m. S.
- (3) 215 m. N a 240 m. S.
- (4) 245 m. N a 265 m. S. Ruptura muy clara : Posible cambio de arenas a arcillas bruscamente. Posible discontinuidad???
- (5) 290 m.
- (6) 325 m.
- (7) 370 m. N a 385 m. S. Gravas.
- (8) 400 m. N a 415 m. S.

SECCION ESTRATIGRAFICA **CORTEGR5**

SONDEOS SAN ANDRES-CASTRILLO-LEONA1-ANTIBIOTICOS

PROPIEDAD GAMMA RAY

ORIENTACION N-S (DW 450 m.)

OBSERVACIONES

No hay sondeos litológicos para la correlación.

En base a las respuestas de los logs:

- (1) De 110 a 130 m . desde el N hasta el S
- (2) De 160 a 190 m. " " "
- (3) De 190 a 200 m.
- (4) 270 m. , capa casi horizontal.
- (5) 370 m.

Parece que existe a la altura de Castrillo un cuerpo lenticular (de 140 a 200 m de prof.), de valores bajos de cps (cuerpo con predominio de arenas) y otro en Leona1 en superficie (de 0 a 100 m.)

SECCION ESTRATIGRAFICA **CORTEGR6**

SONDEOS CASTRILLO-LEONA1-SANANDRES

PROPIEDAD GAMMA RAY

ORIENTACION W-E (DW 460 m.)

OBSERVACIONES

Capas de bajo valor de cps:

- (1) 105 m. a 120 m. S .
- (2) 155 m. Aprox. horizontal. Buena corelación de los valores de cps.
- (3) 200 m. Zona arcillosa. Este punto es el techo de una secuencia grano-decreciente (Forma de campana).
- (4) 270 m. W a 265 m. en el E.
- (5) 320 m. , valor bajo de GR.

Leona1 y Sanandres muy buena correlación entre si ya que poseen una morfología muy similar.
Castrillogr presenta una bajada brusca a 130 m. Posible defecto del sondeo.

SECCION ESTRATIGRAFICA	<u>CORTEGR7</u>
SONDEOS VILLAMANA-VALENCIA-GORDALIZA-ARENILLAS	
PROPIEDAD GAMMARAY	ORIENTACION W-E (DW 600 m.)

OBSERVACIONES

Correlación en base a litología de Valencia y Arenillas:

- (1) 150 m. Gravas.
- (2) 200 m. Gravas.
- (3) Desde 260 m. en el W a 285 m. en el E. Posiblemente debida a una capa de gravas o cantos.
- (4) Desde 375 W a 360 m. en el E.
- (5) 490 m. Horizontal.

Muy buena correlación en cps entre Villamañan , Valencia y Gordaliza en valores de cps. En la sección no se ve ninguna estructura.

SECCION ESTRATIGRAFICA	<u>CORTEGR8</u>
SONDEOS GIGOSOS-CODORNI	
PROPIEDAD GAMMA RAY	ORIENTACION W-E (DW 520 m.)

OBSERVACIONES

Capas de bajo valor de cps (Posibles Arenasa /Gravas) correlacionadas en el corte:

- (1) 80 m.
- (2) 140 m.
- (3) 215 m.
- (4) 270 m.
- (5) 290 m. Esta última se corresponde con un nivel acuífero en el sondeo de Gigosos que da una buena señal.

SECCION ESTRATIGRAFICA	<u>CORTEGR9</u>
SONDEOS CODORNILLOS-GORDALIZA-ARENILLAS (15-20-50)	
PROPIEDAD GAMMA RAY	ORIENTACION N-S (DW 600 m.)

OBSERVACIONES

En base a la información de los testigos del sondeo de Arenillas, las correlaciones realizadas pueden ser de capas de arenas/gravas:

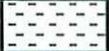
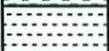
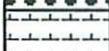
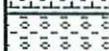
- (1) 80 m.??
- (2) 120 m.
- (3) 150 m.
- (4) 200 m.
- (5) 250 m.
- (6) 270 m. W a 290 m. en el E.
- (7) 320 m.
- (8) 375 m.
- (9) 460 m. W a 470 m. en el E.
- (10) 480 m. W a 500 m. en el E.

En la sección se ve en el sondeo del centro (Gordaliza) unas formas lenticulares con secuencias periódicas de valores mas altos de cps que los sondeos contiguos, pero presenta buena correlación con Codornillos.

ANEXO IV

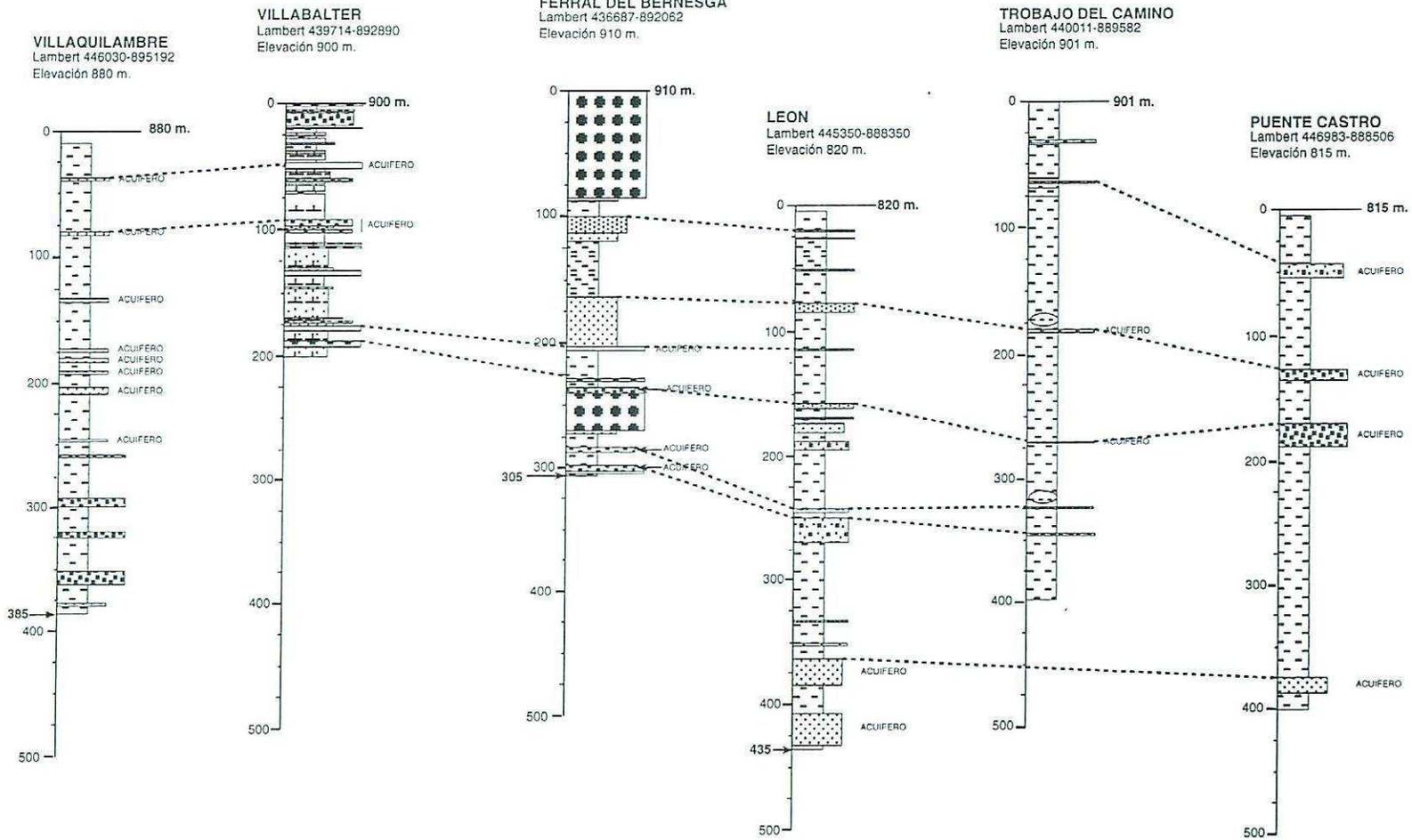
CORRELACIONES ENTRE SONDEOS
HIDROLOGICOS

LEYENDA UTILIZADA EN LAS COLUMNAS

	Arcilla
	Arcilla compacta
	Limo
	Arena fina/media
	Arena gruesa/Gravilla
	Arena y grava
	Grava
	Cantos/Conglomerados
	Marga
	Arena margosa/Marga arenosa
	Grava margosa/Marga con gravas
	Cantos y arcillas
	Caliza
	Arcilla con grava
	Arcilla con arena
	Caliza margosa

N

S

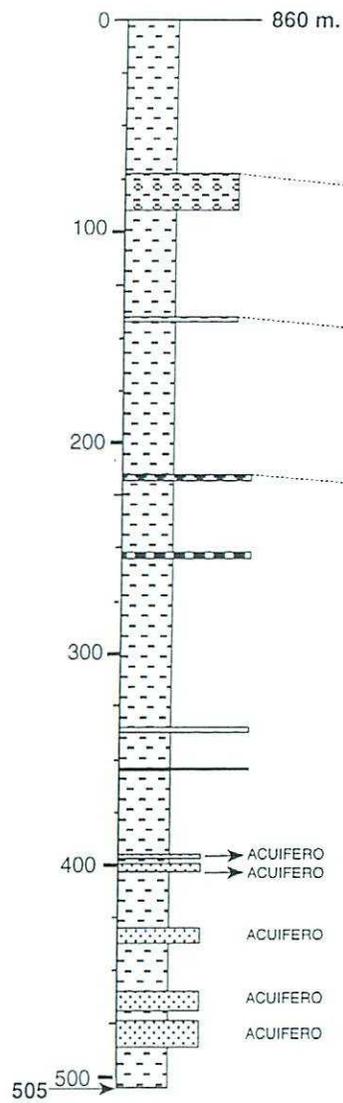


1:5.000

HOJA 161 (13-9) - LEON

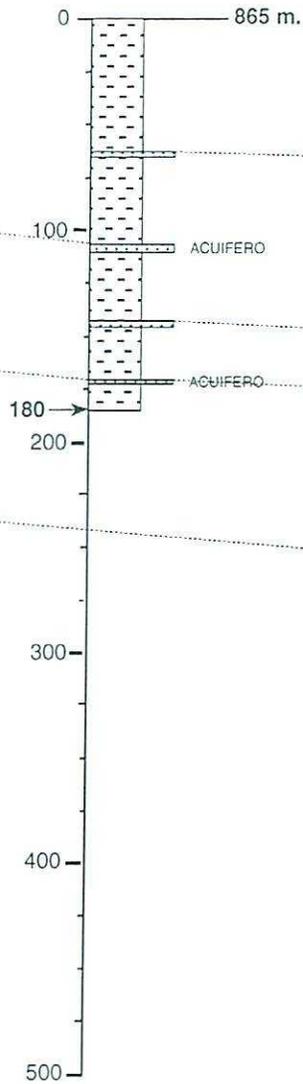
N

VALDEFRESNO
Lambert 451914-888744
Elevación 860 m.



1:3.333

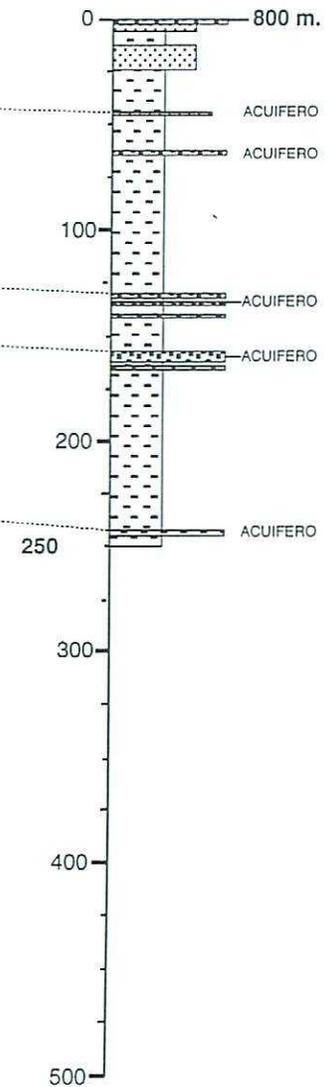
VALDELAFUENTE
Lambert 450179-886434
Elevación 865 m.



HOJA 162 (14-9) - GRADEFES

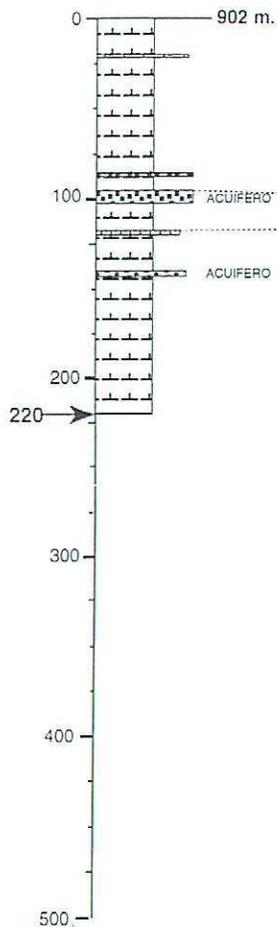
S

MARNE
Lambert 453748-882387
Elevación 800 m.



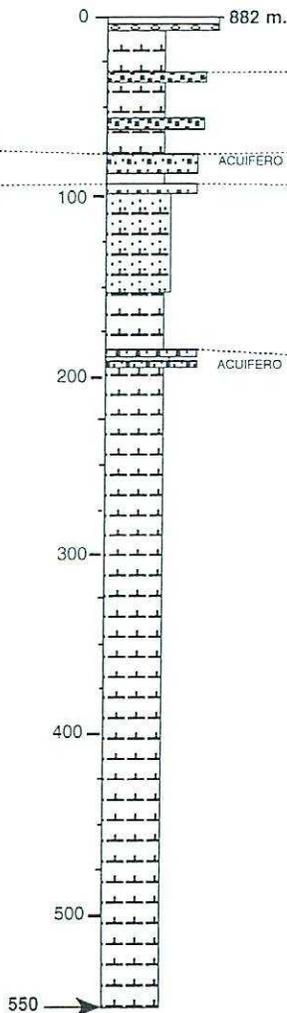
N

ALMANZA
Lambert 490082-896371
Elevación 902 m.

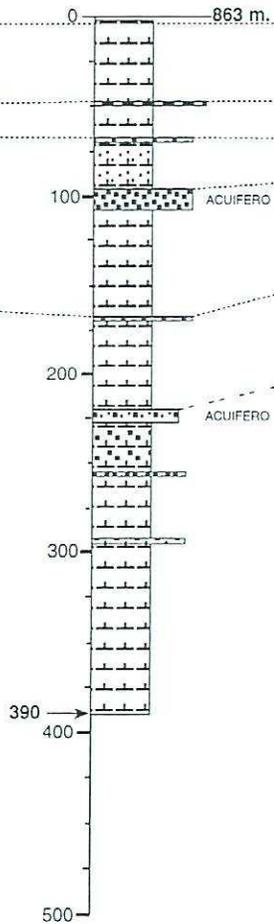


1:4.160

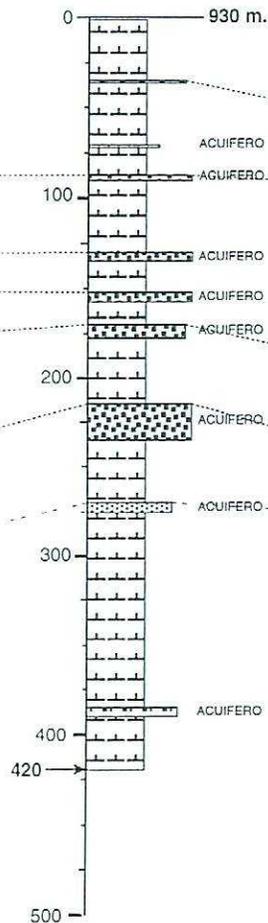
VILLAVERDE DE ARCAYO
Lambert 488906-891077
Elevación 882 m.



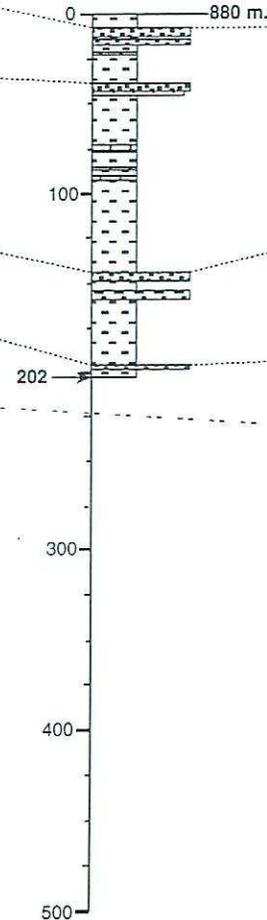
VILLASELAN
Lambert 489494-885750
Elevación 863 m.



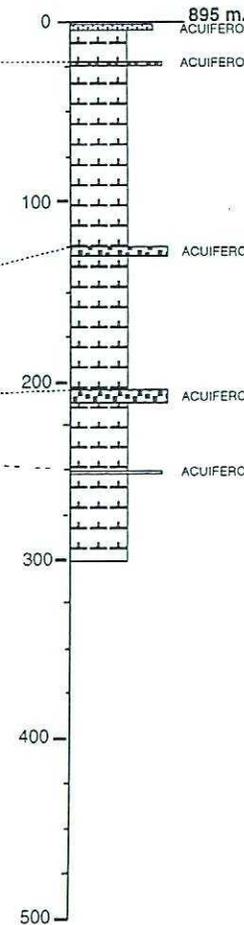
VELILLA DE V.
Lambert 495098-884017
Elevación 930 m.



MOZOS DE CEA
Lambert 491545-882866
Elevación 880 m.



VILLAVELASCO
Lambert 494750-879600
Elevación 895 m.



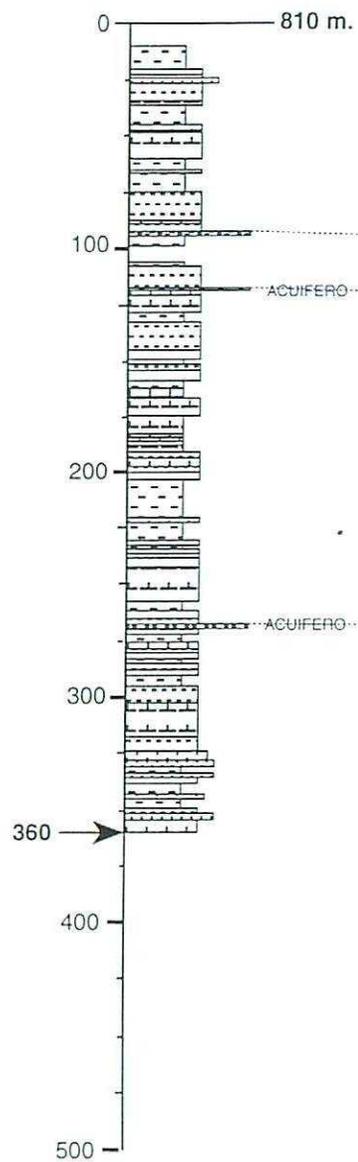
S

S

STA MARIA DEL PARAMO

Lambert 430450-863200

Elevación 810 m.



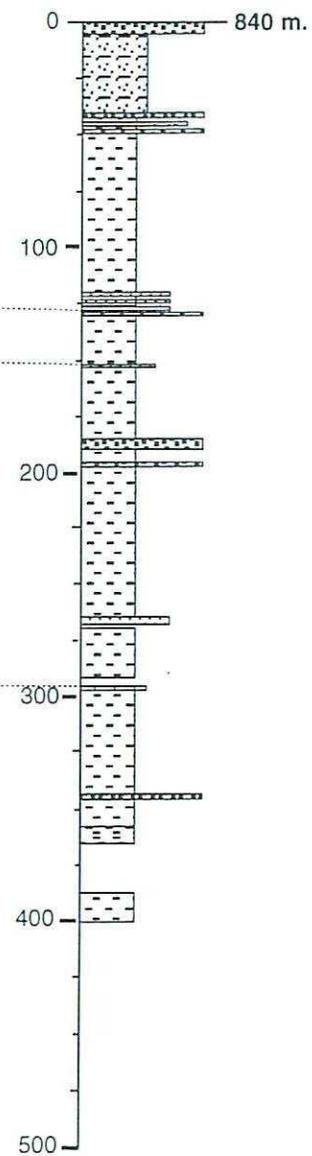
1:3.333

BUSTILLO DEL PARAMO

Lambert 426849-873187

Elevación 840 m.

N



HOJA 194 (13-10) - SANTA MARIA DEL PARAMO

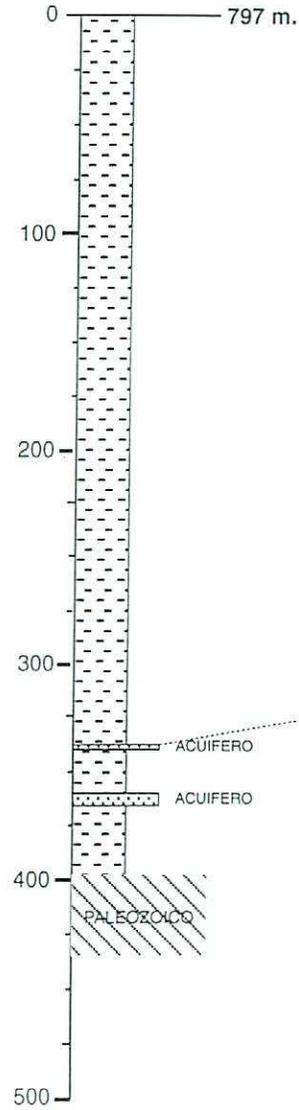
S

N

POBLADURA DE PELAYO GARCIA

Lambert 435579-857898

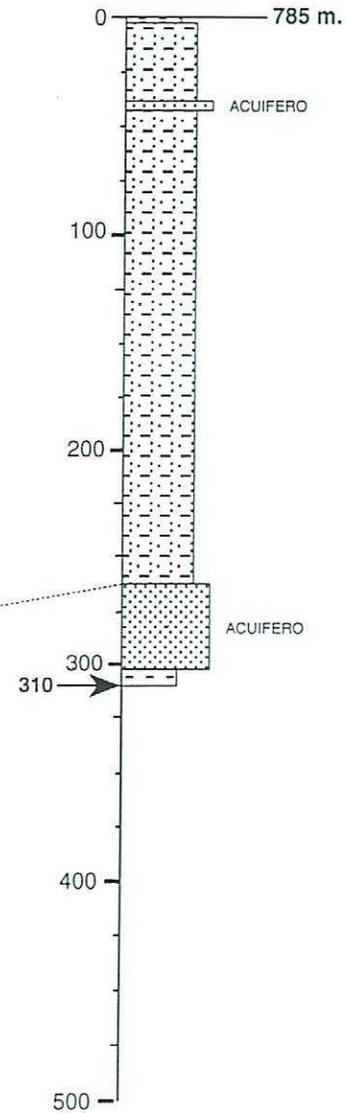
Elevación 797 m.



LAGUNA DE NEGRILLOS

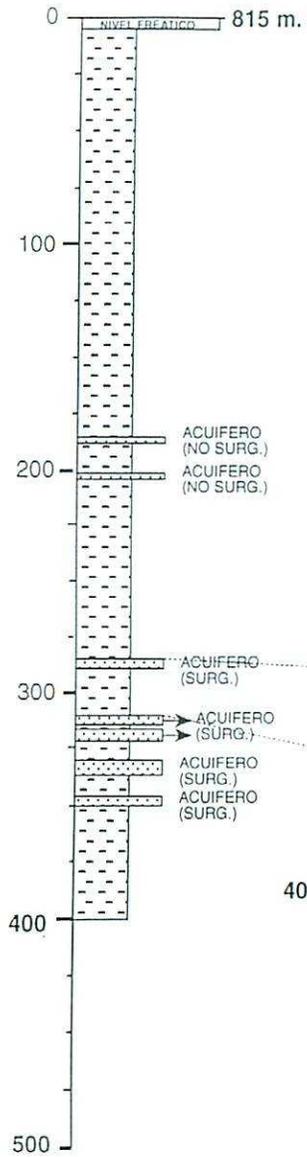
Lambert 439220-854450

Elevación 785 m.

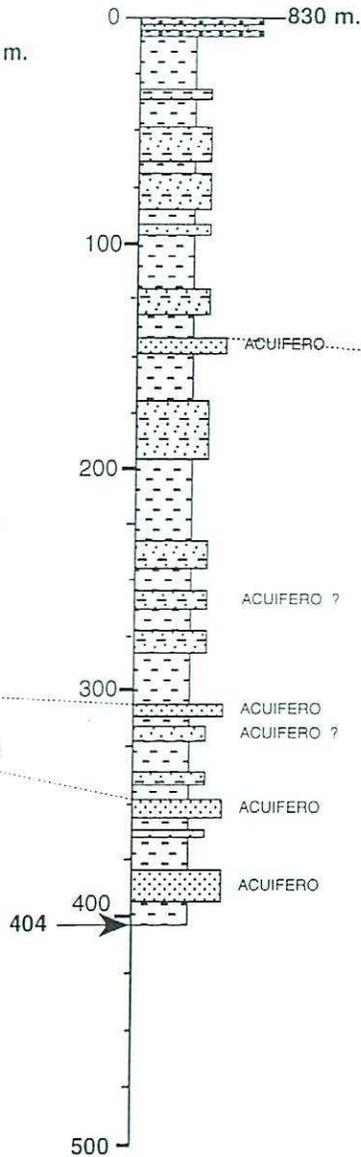


N

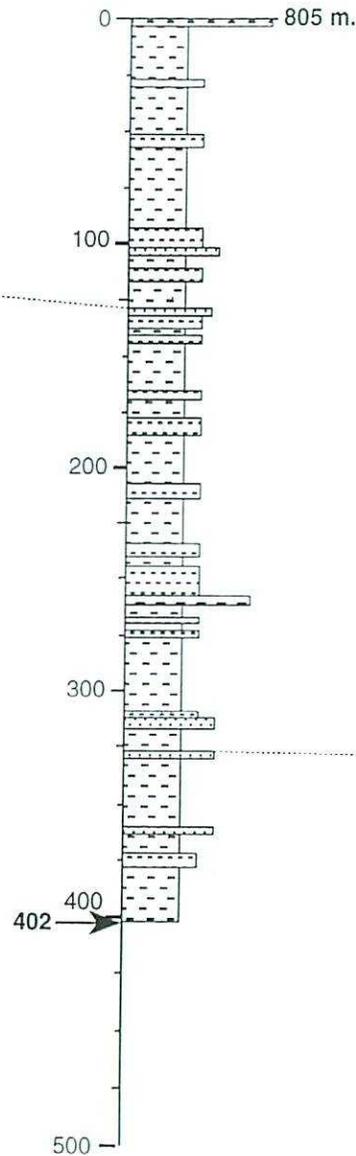
VALVERDE-ENRIQUE
Lambert 467134-856612
Elevación 815 m.



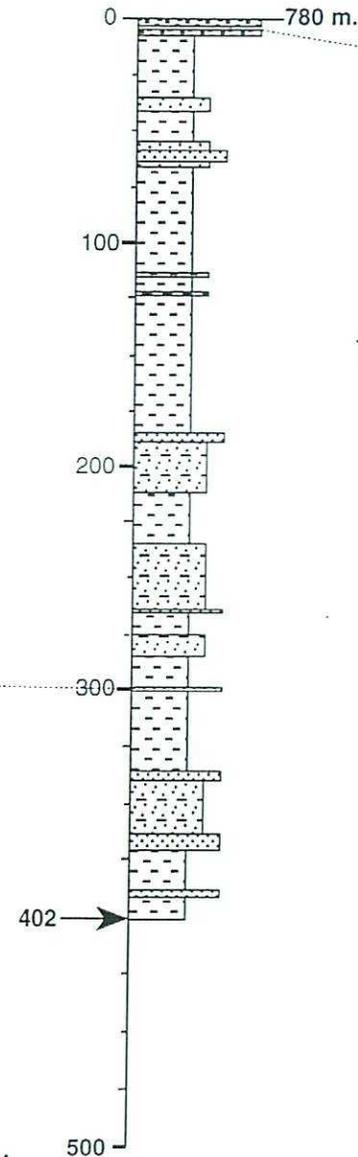
VALDESPINO CERON
Lambert 461985-851925
Elevación 830 m.



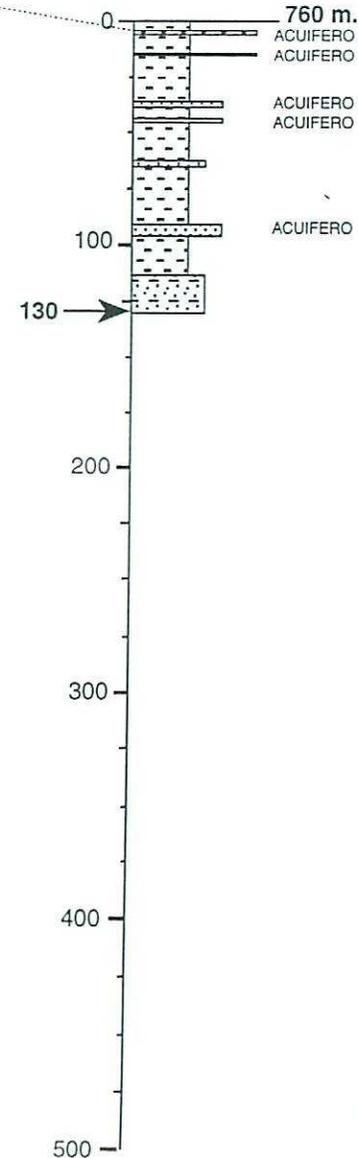
VALDEMORILLA
Lambert 465050-849050
Elevación 805 m.



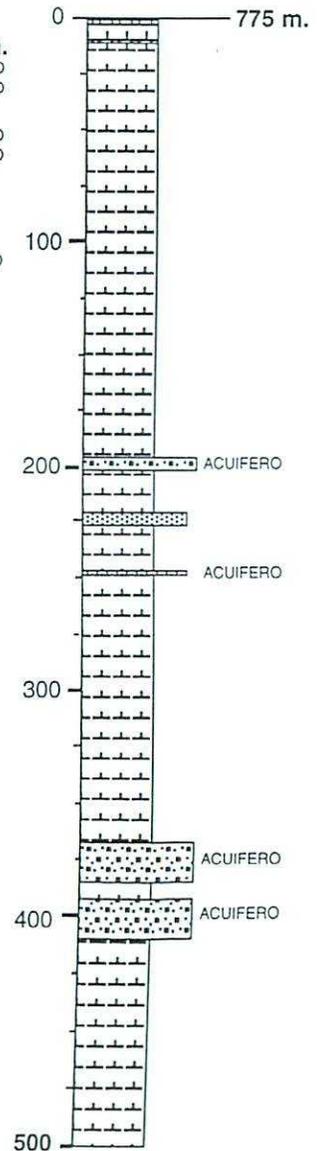
IZAGRE
Lambert 470269-847610
Elevación 780 m.



SAELICES
Lambert 475028-846757
Elevación 760 m.



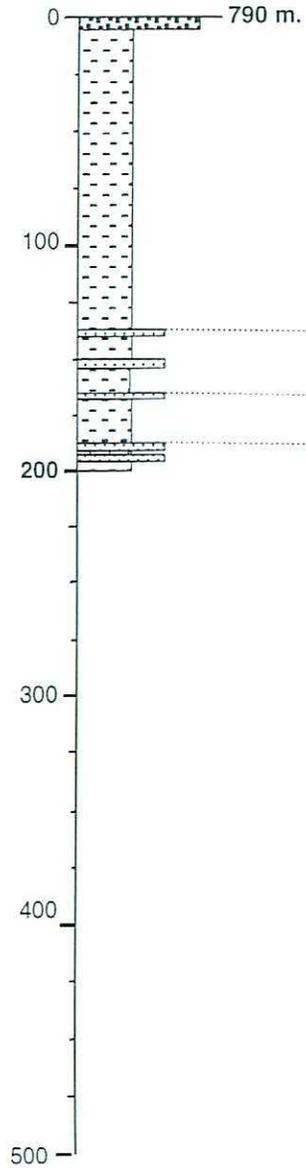
MAYORGA
Lambert 470143-841537
Elevación 775 m.



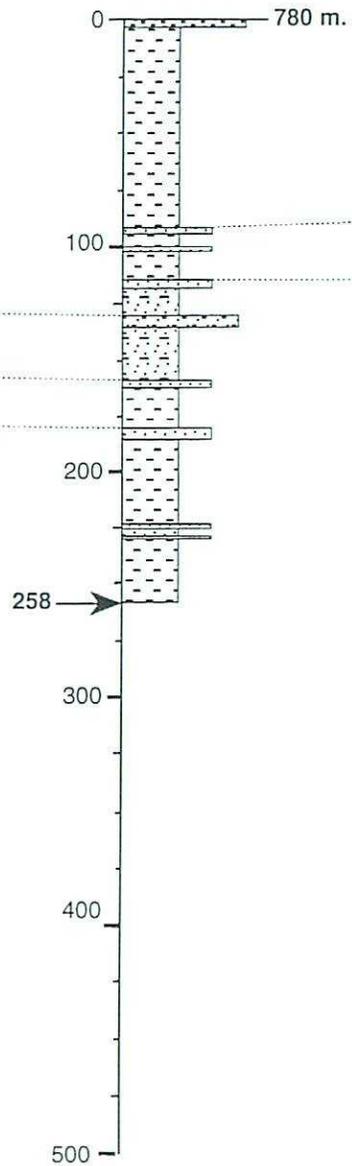
S

N

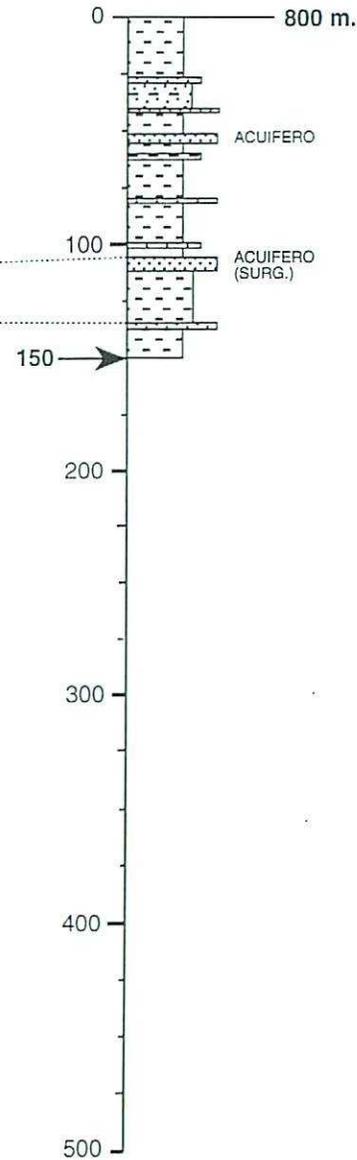
S. PEDRO DE LAS D.
Lambert 485750-859500
Elevación 790 m.



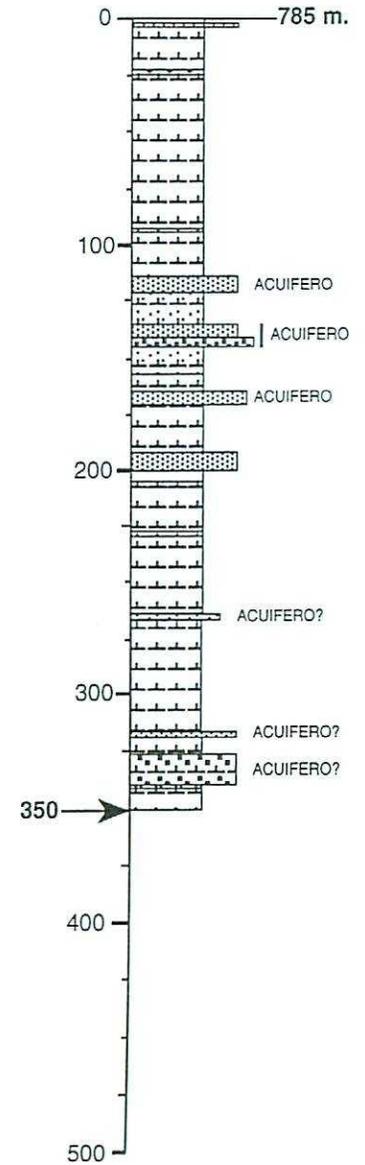
GALLEGUILLOS
Lambert 486350-856814
Elevación 780 m.



VALDESPINO-VACA
Lambert 479000-856690
Elevación 800 m.

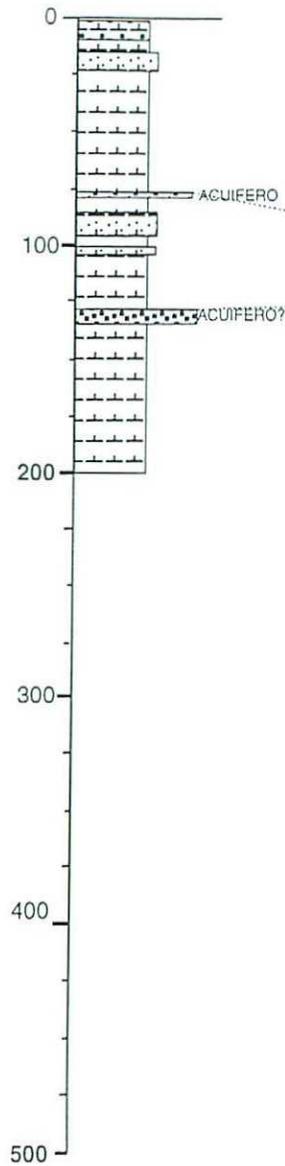


JOARRILLA
Lambert 477832-855539
Elevación 785 m.

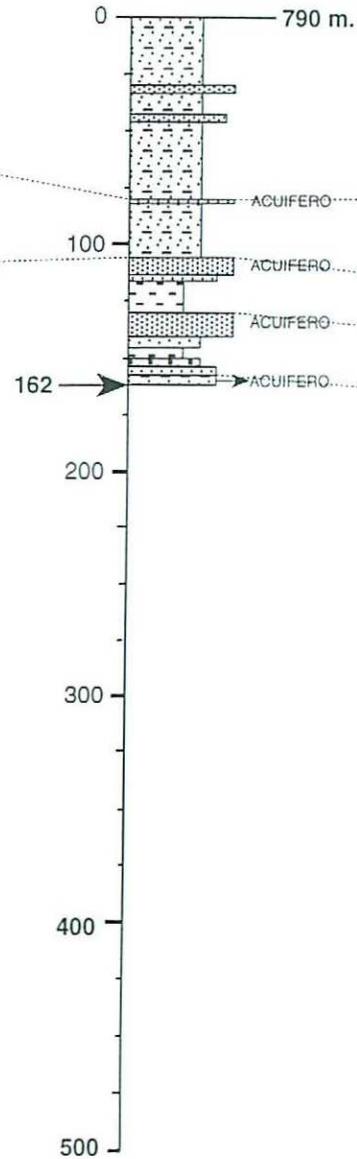


S

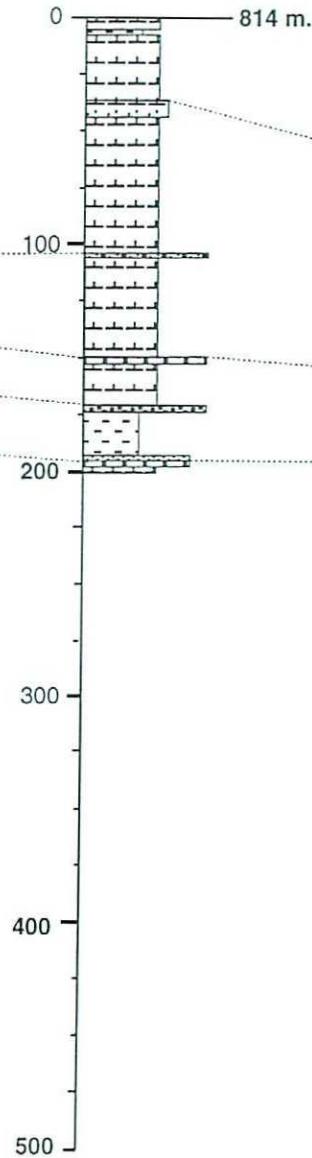
N VILLELGA
Lambert 496437-855709
Elevación 808 m.



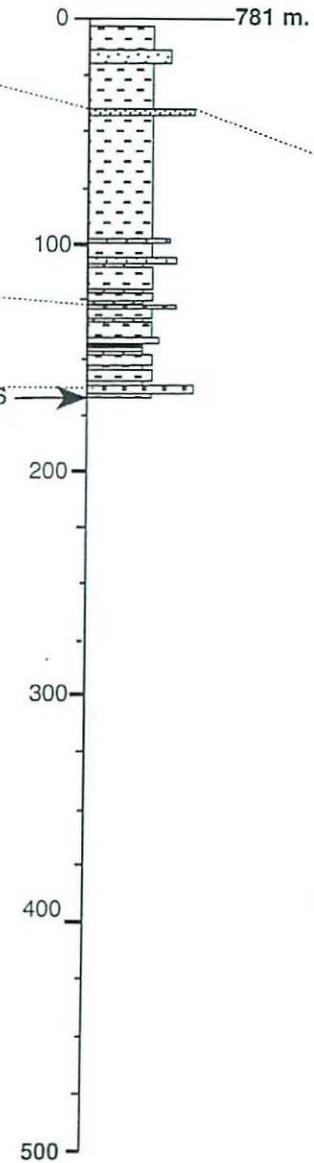
VILLADA
Lambert 494366-850494
Elevación 790 m.



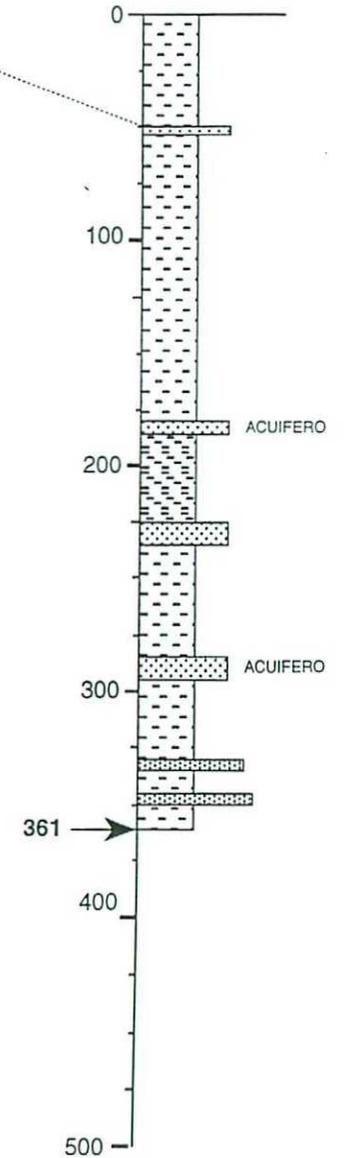
CISNEROS
Lambert 499608-845147
Elevación 814 m.



BOADILLA DE R.
Lambert 493935-842851
Elevación 781 m.



S
CABEZON DE V.
Lambert 478300-8411457
Elevación 750 m.



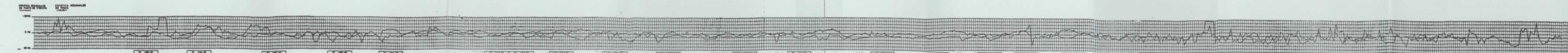
1:3.333

HOJA 234 (15-11) - VILLADA

ANEXO V

LINEAS SISMICAS INTERPRETADAS

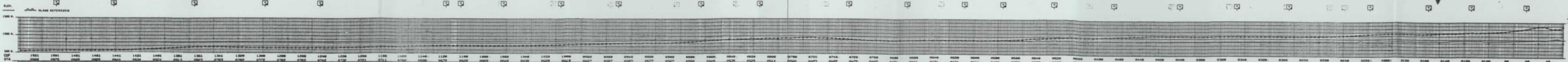
27101



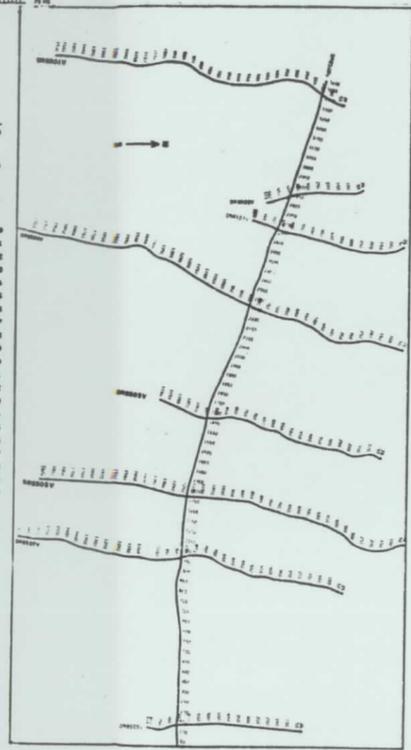
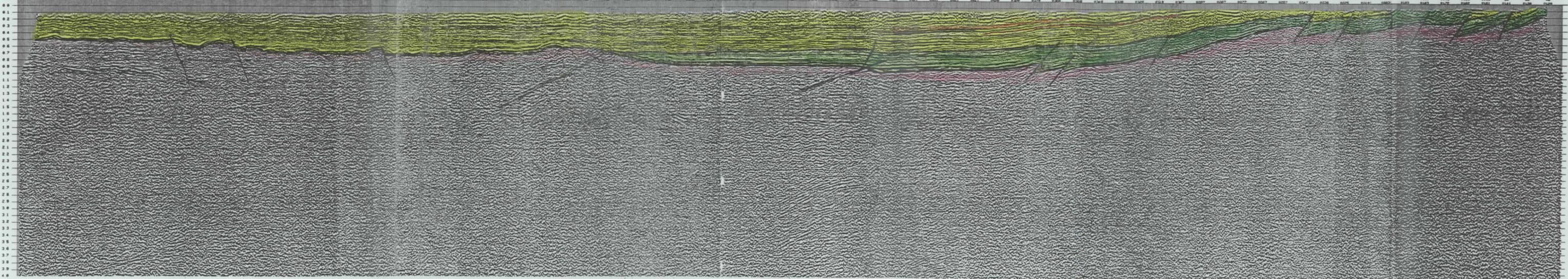
ENIENPSA



DUERO-REINOSA
PERFIL DR-85-01V
S - PV 906 TO PV 100 - N
24001 OBS-STX-TV
CROOKED LINE

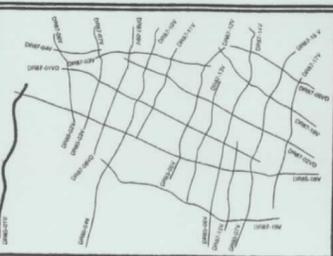


WESTERN RICERCHE GEOPHISICHE RILME - ITALY	
RECORDING DATA	PROCESSING SEQUENCE
DATE: 1985	PROJECT: DR85-01V
TIME: 10:00	STATION: 24001
DEPTH: 100	DEPTH: 100
VELOCITY: 100	VELOCITY: 100
...	...



DR85-01V

- Terciario
- Calizas Cretácicas
- Fm. Utrillas
- Basamento



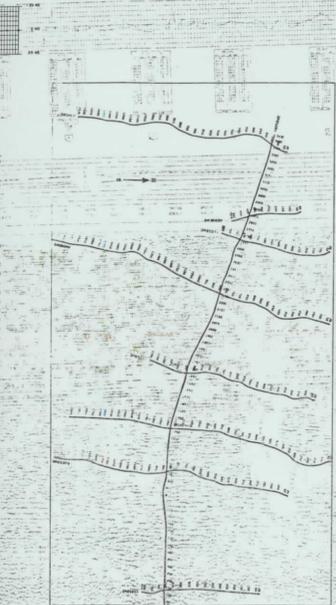
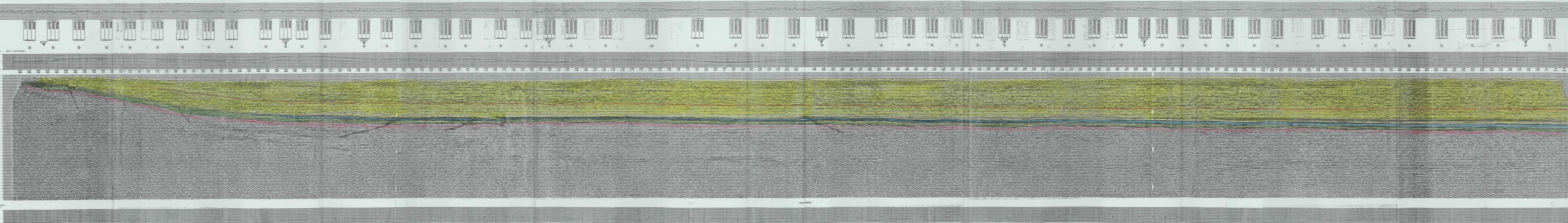
218 952

ENIPEPSA

DIAGRAMA DE INCLINACION
PERFIL DR-85-08V
NO - 01 085 TO PV 0701 - SE
PUNTO 085-08V-1V
CORRIDO LINE

WESTERN RIVERCHIE GEOFISICHE

PROFUNDIDAD (m)	RESISTIVIDAD (ohm m)	TIPO DE TIERRA
0.0	1000	TIERRA SECA
0.2	1000	TIERRA SECA
0.4	1000	TIERRA SECA
0.6	1000	TIERRA SECA
0.8	1000	TIERRA SECA
1.0	1000	TIERRA SECA
1.2	1000	TIERRA SECA
1.4	1000	TIERRA SECA
1.6	1000	TIERRA SECA
1.8	1000	TIERRA SECA
2.0	1000	TIERRA SECA
2.2	1000	TIERRA SECA
2.4	1000	TIERRA SECA
2.6	1000	TIERRA SECA
2.8	1000	TIERRA SECA
3.0	1000	TIERRA SECA
3.2	1000	TIERRA SECA
3.4	1000	TIERRA SECA
3.6	1000	TIERRA SECA
3.8	1000	TIERRA SECA
4.0	1000	TIERRA SECA
4.2	1000	TIERRA SECA
4.4	1000	TIERRA SECA
4.6	1000	TIERRA SECA
4.8	1000	TIERRA SECA
5.0	1000	TIERRA SECA
5.2	1000	TIERRA SECA
5.4	1000	TIERRA SECA
5.6	1000	TIERRA SECA
5.8	1000	TIERRA SECA
6.0	1000	TIERRA SECA
6.2	1000	TIERRA SECA
6.4	1000	TIERRA SECA
6.6	1000	TIERRA SECA
6.8	1000	TIERRA SECA
7.0	1000	TIERRA SECA
7.2	1000	TIERRA SECA
7.4	1000	TIERRA SECA
7.6	1000	TIERRA SECA
7.8	1000	TIERRA SECA
8.0	1000	TIERRA SECA
8.2	1000	TIERRA SECA
8.4	1000	TIERRA SECA
8.6	1000	TIERRA SECA
8.8	1000	TIERRA SECA
9.0	1000	TIERRA SECA
9.2	1000	TIERRA SECA
9.4	1000	TIERRA SECA
9.6	1000	TIERRA SECA
9.8	1000	TIERRA SECA
10.0	1000	TIERRA SECA



DR85-08V

- Terciario
- Calizas Cretácicas
- Fm. Utrillas
- Basamento

