

EVALUACIÓN DE ROCAS VOLCÁNICAS Y VOLCANICLÁSTICAS COMO POTENCIALES RESERVORIOS EN LA CUENCA CUYANA (FM. PUNTA DE LAS BARDAS)

Jáuregui J. M., Figluolo S., Echevarria C., Irusta M., Regazoni C. y Aguirre C.*

ASTRA C.A.P.S.A.
LCV*

Est. CONGRESOS

Abstract

The extrusive volcanic event of Punta de las Bardas formation occurs throughout a wide area of Cuyana basin related to a phase of fast global spreading in the middle Cretaceous. The rocks described here as potential reservoir are dominantly andesites and basalts, with minor volcanoclastics.

At least seven basalt beds with volcanoclastic deposits were identified in cores which represent different volcanic events with fractures and compositional and textural changes.

After the identification of the rock type and fractures, the evaluation in cased hole was the second most important task in this study to find a method for hydrocarbon detection.

Crossplots, sonic waveforms, thermal decay time and nuclear magnetic resonance has been used successfully for the detection of hydrocarbon in this type of reservoirs.

Introducción

En un vasto sector de la Cuenca Cuyana se han observado en el subsuelo importantes manifestaciones volcánicas y volcanoclásticas de edad Jurásico-Cretácica (140-110 Ma) definidas por Rolleri E. y Criado (1968) como formación Punta de las Bardas.

En el yacimiento Vizcacheras la presencia de hidrocarburos en la formación Punta de las Bardas, ubicada sobre los niveles productivos de Barrancas y por debajo de Papagayos, nos ha llevado en una primera etapa a tratar de caracterizar a esta unidad donde consideramos que la existencia de rocas volcanoclásticas y volcánicas alteradas sumado a la presencia de fracturas son los principales factores en la generación del reservorio.

Estos eventos volcánicos andesíticos-basálticos, con intercalaciones de depósitos volcanoclásticos, se destacan por presentar propiedades petrofísicas distintas, lo que dificulta las predicciones de porosidad, saturación de agua y permeabilidad.

Dado que todos los pozos perforados en el área han atravesado dicha formación y se encuentran entubados, uno de los objetivos en la segunda etapa de este trabajo fue establecer técnicas a pozo entubado que permitan evaluar su potencial.

Consideraciones Generales

Ubicación Geográfica

El yacimiento Vizcacheras se encuentra ubicado en el sector más austral de la subcuenca Cacheuta y al este del eje productivo oriental de la misma (Figura 1).

Antecedentes

En el área de Vizcacheras, la formación Punta de las Bardas, no se presentaba como zona de interés, hasta la intervención del pozo Vi-107, que es cuando se obtienen los primeros datos de producción de hidrocarburos. Basados en los resultados de reparaciones posteriores se toma la decisión de investigar el potencial de este reservorio y evaluar sus reservas, formándose un grupo de trabajo que dispuso de información sísmica, registros eléctricos, control geológico, testigos coronas y ensayos de presión.

Caracterización Geológica

Como resultado de fases de distensión regionales en el Cretácico medio se desarrolla un evento magmático efusivo, de composición andesítica-basáltica, en forma de coladas e intrusivos tipo "sills". Esta fase de distensión posiblemente esta relacionada con una fase de aceleramiento de la expansión oceánica en el Cretácico medio (Uliana y Biddle, 1988) que reactiva el fallamiento extensional del rift Triásico. En un estudio regional realizado por Bowen et al, (1988) se definió que esta unidad se desarrolla siguiendo los lineamientos estructurales más profundos e importantes de la cuenca (Figura 2). A través de estas fallas

profundas se canalizan las coladas tipo "flood basalts" que alcanzan la superficie y rellenan un paleorelieve dominado por zonas deprimidas resultado del enfriamiento térmico de la etapa de "sag". Otra característica deposicional de esta unidad es la presencia de intrusivos (sills) en las formaciones Río Blanco y Cacheuta principalmente, que abovedaron la columna sedimentaria, creando un paleorelieve positivo que no fue cubierto por las coladas. Esta actividad simultánea intrusión – efusión creó discordancias internas entre distintos eventos volcánicos y una geometría de "onlap" sobre la Fm Barrancas. (Torres M., et al, 1999).

Los centros efusivos para esta área estarían vinculados a estos lineamientos ubicados al SO, SE y NE del área de Vizcacheras y durante el Cretácico se originaron las diferentes manifestaciones volcánicas que actúan como importante roca sello del sistema petrolero. Estos centros efusivos se caracterizarían por generar flujos de lavas que originan depósitos más espesos y que consisten en un cuerpo principal y estratos de bloques y bloques soldados en los bordes de las coladas.

En la figura 3 se puede observar como estas coladas en el área de Vizcacheras, cuya datación arrojó una edad de 110 ± 5 Ma, aumentan su espesor hacia el sur superando los 100 metros con una superposición de cuerpos volcánicos y depósitos volcanoclásticos, mientras que hacia el sector noreste presenta menos de 20 metros e incluso llega a desaparecer.

Si consideramos las respuestas eléctricas, desde el punto de vista composicional se pueden diferenciar en esta unidad dos secuencias volcánicas. La basal constituida por andesitas que alternan con depósitos volcanoclásticos y la secuencia superior compuesta de basaltos olivínicos con intercalaciones volcanoclásticas que presenta un mayor desarrollo areal y es claramente diferenciable de la anterior por el contenido de potasio.

Desde el punto de vista textural en el área analizada se presenta una superposición de 7 coladas de tipo aa o pahoohoe intercaladas con depósitos volcanoclásticos. En cada colada se reconoce un cuerpo central masivo limitado en base y techo por niveles alterados y brechados, que suelen presentar plegamientos internos evidenciados por el alineamiento de fisuras. Estos tipos de texturas reconocidas en los testigos coronas fueron calibrados con la respuesta de los perfiles eléctricos y se observó una marcada correlación con la resistividad y los tiempos de tránsito (Figura 4).

De acuerdo al tipo de composición y a la característica textural hacia la parte superior, se va perdiendo el contenido de volátiles y aumenta la viscosidad. Las coladas extruídas serían relativamente pequeñas, con velocidades eruptivas que originarían soldamientos completos y generación de flujos de lavas.

Los posteriores efectos diagenéticos que han provocado la disolución y cementación, sumado a la deformación y fracturación del complejo, son los que han determinado su potencial como reservorio.

Caracterización Sísmica

La información sísmica disponible, permitió inferir la presencia de estos eventos volcánicos que tienen diferentes grados de fallamiento y están atravesados por distintos tipos de fallas. Estas zonas con mayor potencial de fracturación fueron identificadas y se analizaron con más detalle a partir de la información de perfiles eléctricos.

Una situación deseable para poder caracterizar sísmicamente estos reservorios sería:

- Encontrar una correspondencia entre atributos sísmicos y las propiedades petrofísicas en el nivel de interés. De este modo se podría conocer en forma indirecta la distribución areal de la propiedad petrofísica asociada, a través del mallado sísmico.
- Definir con detalle el estilo estructural a partir de la sísmica 3D recientemente registrada a los fines de definir las zonas donde mayoritariamente este complejo volcánico estaría fracturado.

Para el primer punto se confeccionaron sismogramas sintéticos a partir del perfil sísmico, donde los espesores atravesados eran de 100 m y sísmicamente se pueden diferenciar dos reflexiones. No se pudo analizar el comportamiento de la amplitud a nivel de Punta de las Bardas ya que para ello se necesita una cierta cantidad de pozos con perfiles sísmicos y/o VSP los que han sido recientemente registrados junto a la adquisición de la sísmica 3D (Figura 5).

En cuanto al segundo punto, hay que tratar de definir principalmente el fallamiento generado como consecuencia de los esfuerzos terciarios. Entre éstos pueden encontrarse fallas inversas de poco rechazo, con rumbo predominantemente NNO-SSE o bien fallas de desplazamiento oblicuo cuyo rumbo puede variar de NNO-SSE a E-O. Estas últimas son probablemente las que más favorecerían el entrapamiento, pero son las menos conocidas, pues su correlación es casi imposible mediante el uso de la sísmica 2D, que es la única información disponible al momento de realizar este trabajo.

De acuerdo al modelo establecido y a la información sísmica, existe dentro de la formación Punta de las Bardas, varios sectores potencialmente fracturados, fundamentalmente al este del alineamiento estructural principal de orientación noreste/suroeste, que coincide con las zonas productivas de las formaciones Barrancas y Papagayos (Figura 5a).

Característica del Reservorio

Evaluación de Perfiles

La evaluación de reservorios en rocas volcánicas a partir de registros eléctricos presenta cierta complejidad dado por las grandes variaciones verticales y horizontales de estos depósitos desde el punto de vista mineralógico como textural, a lo que se le suma en nuestro caso la presencia de fracturas. Por esa razón durante el año 1997 se realizaron diferentes registros eléctricos y se extrajeron testigos coronas para calibrar la respuesta a pozo abierto y entubado.

Una vez realizada la descripción de facies sobre las coronas, utilizando la técnica de "crossplot" se procedió a ajustar desde el punto de vista mineralógico la respuesta de los diferentes registros eléctricos cuyos valores se presentan tabulados más adelante.

Se pudo determinar que existe una marcada variación composicional en sentido vertical puesto de manifiesto principalmente por el contenido de potasio (Figuras 6 b-d) que no fue observado en el densidad-neutrón (Figura 7).

	Densidad	Ø Neutrón	K %	TH ppm	U ppm	GR °API
Basalto	2.64-2.9 g/cc	25-18	1-2.5	1-3	0-2	20-45
Andesita	2.6-2.85 g/cc	25-15	2.7-3.7	1-4	0-2	60-80
Volcaniclasticos	2.7 g/cc	-	-	-	-	60-80

Desde el punto de vista textural y refiriéndonos a los diferentes grados de alteración y retrabajo de estos depósitos los mejores indicadores son el perfil acústico y el de resistividad. Con respecto a la utilización de "crossplot" el gráfico M-N es uno de los que más claramente marcan las diferencias texturales (Figura 6 c). También se establecieron para las diferentes facies a pozo abierto las relaciones entre las ondas compresional, "shear", "stoneley", y sus variaciones de amplitudes (Figuras 7 f-h y 8 a-b).

	M	N	Σ	DTC µs/ft	DTs µs/ft	DTst µs/ft
Basalto	0.7-0.8	0.45-0.50	19	60	110-140	210-250
Andesita	0.75-0.85	0.50-0.55	24	58	110-140	210-250
Volcaniclasticos	0.85-1.00	0.55-0.65	-	-	140-160	230-260

Dentro de este complejo se interpreta que los niveles volcaniclasticos y parte de las rocas alteradas presentan porosidades secundarias provocadas por disolución y fracturas que afectan mayoritariamente a la secuencia inferior lo que es coincidente con los antecedentes de ensayos de presión que indican la presencia de hidrocarburos entrapados en un sistema de doble porosidad, con permeabilidades que oscilan entre 0.4 y 2 md y porosidades promedio de 14%.

La secuencia inferior como ya fuera expresado es la que presenta mayor potencial como reservorio y dentro de cada colada la zona con mayor alteración se ubican en el techo y base.

Podemos en general establecer desde el punto de vista textural que valores de tiempo de tránsito mayores a 80 µs/ft y menores a 110 µs/ft en zonas con baja resistividad (3 - 5 ohms) y escasa deflexión del potencial espontáneo, están vinculadas a zonas alteradas que tienen potencial como reservorio.

Con respecto a las zonas con valores inferiores de resistividad a los 3.5 ohms con muy escasa deflexión del potencial espontáneo y tiempos de tránsito superiores a 110 µs/ft son consideradas como muy alteradas y de poco potencial como reservorio.

El resto de las rocas volcánicas frescas solo pueden dar aporte de fluido en función del grado de fracturación y de comunicación entre estas. Para la identificación de las zonas fracturadas se trató de utilizar las diferentes relaciones entre las ondas acústicas y se determinó que la respuesta de la onda shear contra la compresional es un buen indicador de las mismas (Figura 8 y 10). Las ondas compresionales son menos

afectadas que las shear ante la presencia de fracturas en donde hay que tener en cuenta el grado de verticalidad de las mismas para que la onda sea más atenuada.

El método de Aguilera, R., 1995, que se basa en las variaciones del "m" se utilizó para determinar zonas fracturadas y no logramos llegar a resultados concluyentes. Posiblemente el escaso espesor evaluado, su variación textural y composicional no permitieron diferenciar las zonas fracturadas con esta técnica.

Otra herramienta utilizada fue la de resonancia magnética (Figura 9) que nos permitió diferenciar intervalos con porosidad efectiva relacionada a niveles volcánicos alterados y zonas de fracturas donde se observaron perturbaciones en la forma de la onda. Con este registro se estimaron valores del tiempo de tránsito y densidad de matriz que son diferentes a los obtenidos por medio de "crossplot" si consideramos las porosidades convencionales, dichas respuestas, deberán ser estudiadas con más detalle.

Como ya fuera descrito la mayoría de estos niveles de interés, al ser un yacimiento maduro, se encuentran entubados por lo tanto es de sumo interés evaluar una técnica que permita detectar estos reservorios fracturados o alterados a través de la cañería.

En el caso de pozos entubados se utilizó el sónico dipolar para minimizar el efecto de cemento y se compararon esos registros con los obtenidos a pozo abierto observándose un buen ajuste entre las diferentes curvas. A partir de este control de calidad se pudo determinar que la relación shear versus compresional obtenida a pozo entubado permite distinguir zonas de fracturas que coinciden con lo observado en los testigos coronas (Figuras 10 y 11).

Otra manera de poder detectar la presencia de zonas fracturadas es presentando la forma de onda completa en densidad variable donde el efecto chevron se puede observar en la zona fracturada (Figura 12).

Con respecto a la onda stoneley en las zonas fracturadas suponíamos que ésta se vería atenuada por el contenido del fluido dentro de la misma y se utilizaron las diferentes técnicas tanto de los arribos directos como los reflejados ascendentes y descendentes. Esta información adquirida no permitió identificar las zonas fracturadas dado que la onda que viaja por la cañería se superpone a la stoneley, a lo que se le suma el efecto provocado por los intervalos punzados. Esta técnica puede ser otra manera de determinar la exactitud de la profundidad de los punzados y estimar en forma cualitativa las zonas donde estos son más efectivos (Figura 11).

El gamma ray espectral se lo ha utilizado para la detección de fracturas, basado en el aumento en la concentración de uranio por la circulación de aguas a lo largo de éstas. En nuestro caso se combinó este registro con el tiempo de decaimiento termal que responde principalmente a cambios en porosidad total y salinidad.

La respuesta de estos registros se observa en las figuras 8-9 y se puede en general establecer las siguientes conclusiones:

- En las zonas arcillosas ambas curvas presentan un incremento, observándose un aumento en el gamma ray por encima del sigma, dado por el contenido de uranio y potasio, este aumento en el contenido de potasio estaría dado por el tipo de arcilla presente.
- En las zonas fracturadas o alteradas con porosidad se observa que el Sigma decrece y el Gamma Ray se incrementa levemente con respecto a las zonas adyacentes.

Al utilizar el cociente de la conductividad con el sigma y al superponer esta curva obtenida con el cociente entre la porosidad efectiva y el sigma se pudo corroborar la presencia de hidrocarburo tanto en la formación Barrancas como en Punta de las Bardas (Figura 9). Este tipo de presentación propuesta por Head, 1994 y que debe ser ajustada para cada yacimiento, consiste en visualizar en forma simple, para una escala compatible, la separación entre las curvas provocada por el efecto que tiene la presencia de hidrocarburo al dividir la conductividad y la porosidad efectiva por el mismo denominador.

Interpretación de Ensayos de Presión

Se realizaron ensayos de presión en dos pozos y el ajuste más satisfactorio para ambos ensayos se obtuvo con un modelo de Doble Porosidad de Acción Infinita con Almacenamiento Variable. Los valores de permeabilidad promedio que se obtuvieron para ambos ensayos con este modelo fueron muy similares y están en el orden de 1-2 md. Aparentemente ambos ensayos muestran daño en la pared del pozo, aunque los valores de "Skin" sean negativos. La interpretación no muestra límites de reservorio y los valores de presión obtenidos son diferentes para cada ensayo.

Las diferencias de presiones que existen entre las dos interpretaciones se podría explicar con la hipótesis de que las formaciones Barrancas y Punta de las Bardas estén comunicadas en algunos sectores. En algunos

casos puede haber una comunicación cercana entre los reservorios de manera que se ha depletado la formación Punta de las Bardas por el drenaje del fluido a través de la formación Barrancas. En consecuencia, la presión del reservorio Punta de las Bardas tiene valores más próximos a los de la formación Barrancas.

Estimulaciones

Se realizó una fractura en el intervalo productivo de Punta de las Bardas y no se observaron mejoras en la producción del mismo. Es factible que dado el grado de desconocimiento existente hasta ese momento del tipo de reservorio, no se hayan utilizados los parámetros adecuados para obtener un resultado satisfactorio.

La utilización de una técnica de punzado de alta penetración con la inyección simultánea de ácido clorhídrico ha resultado exitosa con producciones de hidrocarburo interesantes.

Conclusiones

La formación Punta de las Bardas estaría asociada a una actividad volcánica generada en una etapa de distensión de la cuenca durante el Cretácico y donde las fallas más importantes habrían sido la vía de escape del material magmático.

El hecho de disponer de registros eléctricos a pozo abierto y entubado calibrado con coronas ha permitido reconocer dos secuencias volcánicas de diferente composición (andesítica-basáltica) y de una distribución areal diferente, intercaladas con depósitos volcanoclásticos, que se pueden diferenciar en los registros eléctricos por la respuesta del gamma ray dada principalmente por el contenido de potasio.

De acuerdo a lo observado en los testigos coronas, desde el punto de vista textural, existen al menos siete coladas con marcadas variaciones en el sentido vertical que estarían en su mayor parte vinculadas a los diferentes grados de alteración y que se corresponden con las variaciones de resistividad y de los tiempos de tránsito.

A esta marcada complejidad para evaluar estos tipos de reservorios, por las variaciones composicionales, texturales, espesores involucrados, se le suma la presencia de fracturas que sería el principal factor en la generación de estos depósitos como reservorio.

La utilización de la técnica de crossplot fue de suma utilidad para caracterizar y evaluar estos depósitos volcánicos complejos donde se pudieron definir patrones al combinar los diferentes registros eléctricos realizados a pozo abierto y entubado.

El registro de resonancia magnética ha sido un buen discriminador de niveles "permeables" e "impermeables" lo que pudo ser comprobado con los ensayos de los pozos, observándose además perturbaciones en la forma de la onda por la presencia de fracturas.

Las zonas de alta resistividad, con valores de gamma ray relativamente altos y que muestran salto de ciclo en el sónico o una perturbación en la forma de onda (efecto "chevron") pueden considerarse como potenciales reservorios poco alterados y fracturados, donde el principal almacenamiento de fluido estaría dado en las fracturas.

Se pudo comprobar también como las variaciones de los tiempos de tránsito shear con respecto a los de las ondas compresionales están afectados por la presencia de zonas fracturadas, cuyo registro, puede ser combinado a pozo entubado con los de gamma ray espectral y el tiempo de decaimiento termal (σ), que responden más a la composición litológica y al tipo de fluido presente.

La presentación de un gráfico simple donde se combina la conductividad, porosidad efectiva y el σ pueden ser utilizado como un indicador de la presencia de hidrocarburos en la formación Barrancas y Punta de las Bardas.

De acuerdo al análisis realizado y considerando la extensión de los cuerpos volcánicos, las zonas con mayor potencial como reservorio dentro del yacimiento Vizcacheras, se encontrarían en sentido NO-SE asociado a los máximos estructurales con un juego de fracturas con orientación NO-SE y NE-SO y otro subordinado en sentido O-E. Hacia el sector norte y noreste del yacimiento existe la posibilidad de interdigitaciones con sistemas aluviales entre los depósitos volcánicos y volcanoclásticos, lo que le daría otra característica como potencial reservorio.

Bibliografía

Aguilera, R., 1995, Naturally Fractured Reservoirs.

Bowen, E., 1988, Cuyo Basin Project. Reporte Interno A.S.T.R.A.

- Boll, A., J. De la Colina, 1993, Amazon Estratigráfico del Triásico-Jurásico en Atamisqui. Cuenca Cuyana Mendoza.
- Cas & Wright, J.V, 1987, Volcanic Successions, Modern And Ancient, R.A.F. London Allen & Unwin.
- Figliuolo, S. P., L. Strappa, M. Irusta, 1998, Informe de Intervenciones en Formación Punta de las Bardas. U.T.E. Astra – Repsol – Y. P. F. Informe Interno, Yac. Vizcacheras. Mendoza, 1998.
- Head, E., 1994. Schlumberger.
- Khatchikian, A., 1982, Log Evaluation Of Oil-Bearing Igneous Rock. SPWLA 23 Rd. Annual Logging Symposium.
- Kokogian, D.A., D.A. Boggetti y G. A. Rebay, 1989, Cuenca Cuyana - El análisis estratigráfico secuencial en la identificación de entrapamientos estratigráficos sutiles, Y.P.F.
- Jáuregui, J. M., B. Coca, C. A. Echevarría, J. P. De Lucía, S. Figliuolo, C. Regazzoni y L. Strappa, 1997, Informe Preliminar Potencial de Formación Punta de las Bardas, U.T.E. Astra – Repsol – YPF, Informe Interno, Yac. Vizcacheras, Mendoza, 1997.
- Legarreta, L., D.A.Kokogian, y D. Dellape, 1993, Estructuración Terciaria de la Cuenca Cuyana: ¿Cuánto de inversión tectónica?. Rev. Asoc. Geol. Argentina, 1993.
- L. C. V., 1997, Estudio Sedimentológico, Petrográfico, Diagenético, D.R.X., Petrofísico y de M.E.B. Formación Punta de las Bardas, Vizcacheras, Buenos Aires, 1998.
- Martínez, R.H., L. Arce y L. Mernes, 1989. Análisis Estratigráfico de la formación Barrancas. Cuenca Cuyana. Prov. Mendoza. 1er Congreso De Exploración De Hidrocarburos.
- Ramos, V. A., 1993, El Magmatismo Triásico – Jurásico de Intraplaca, XII Congreso Geológico Argentino, Geología y Recursos Naturales de Mendoza, Relatorio I. P. 79-86, Mendoza, 1993.
- Regairaz, A. C., 1969, Contribución al conocimiento de las discordancias en el área de las Huayquerías (Mendoza, Argentina). Cuartas Jornadas Geológicas Argentinas. Asociación Geológica Argentina. Actas, Tomo II, P. 243-254, Buenos Aires, 1969.
- Rolleri, E. O., C. A. Fernández Garrasino, 1976, Comarca Septentrional de Mendoza, Segundo Simposio de Geología Regional Argentina, Academia Nacional de Ciencias, Vol. I, P. 771-810, Córdoba, 1979.
- Strelkov, E.E. y L.A.Alvarez, 1984, Análisis estratigráfico y evolutivo de la cuenca triásica Mendocina-San Juanina. IX Congreso Geol. Arg. Actas III:115-130.
- Serra, O., 1986, Advanced Interpretation Of Wireline Logs, Schlumberger.
- Teledyn Brown Engineering, 1997, Dataciones Radimétricas.
- Torres, M., J., Cerdan, D., Bogetti y Villa H, 1999, Potencial exploratorio de la zona de Rivadavia, cuenca cuyana, Mendoza. IV Congreso de Exploración y Desarrollo de Hidrocarburo.
- Uliana, M., y K., Biddle, 1988, Cenozoic paleogeographic and geodynamic evolution of southern South America. Rev. Brasileira Geocienc. 18, 172-190.

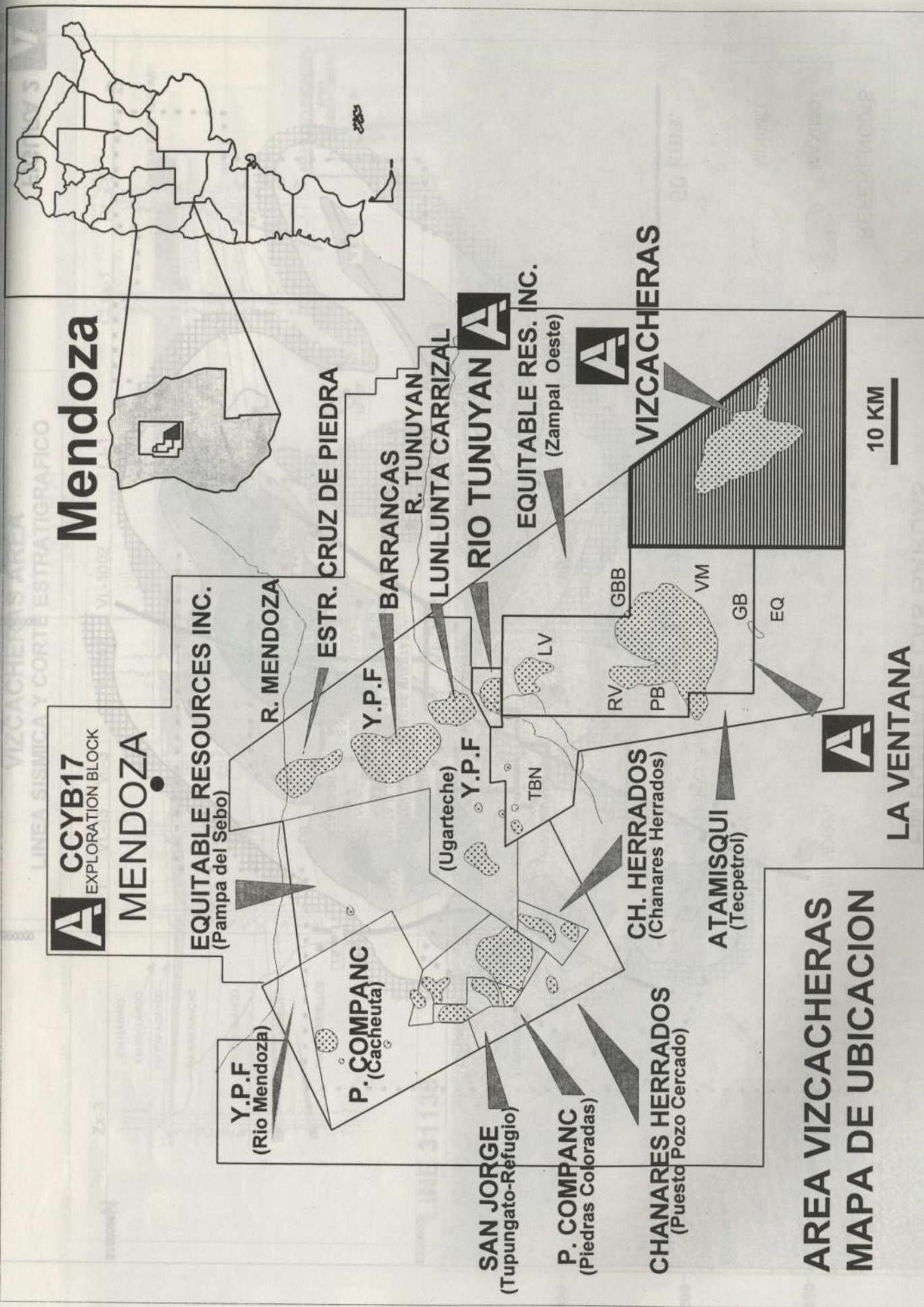
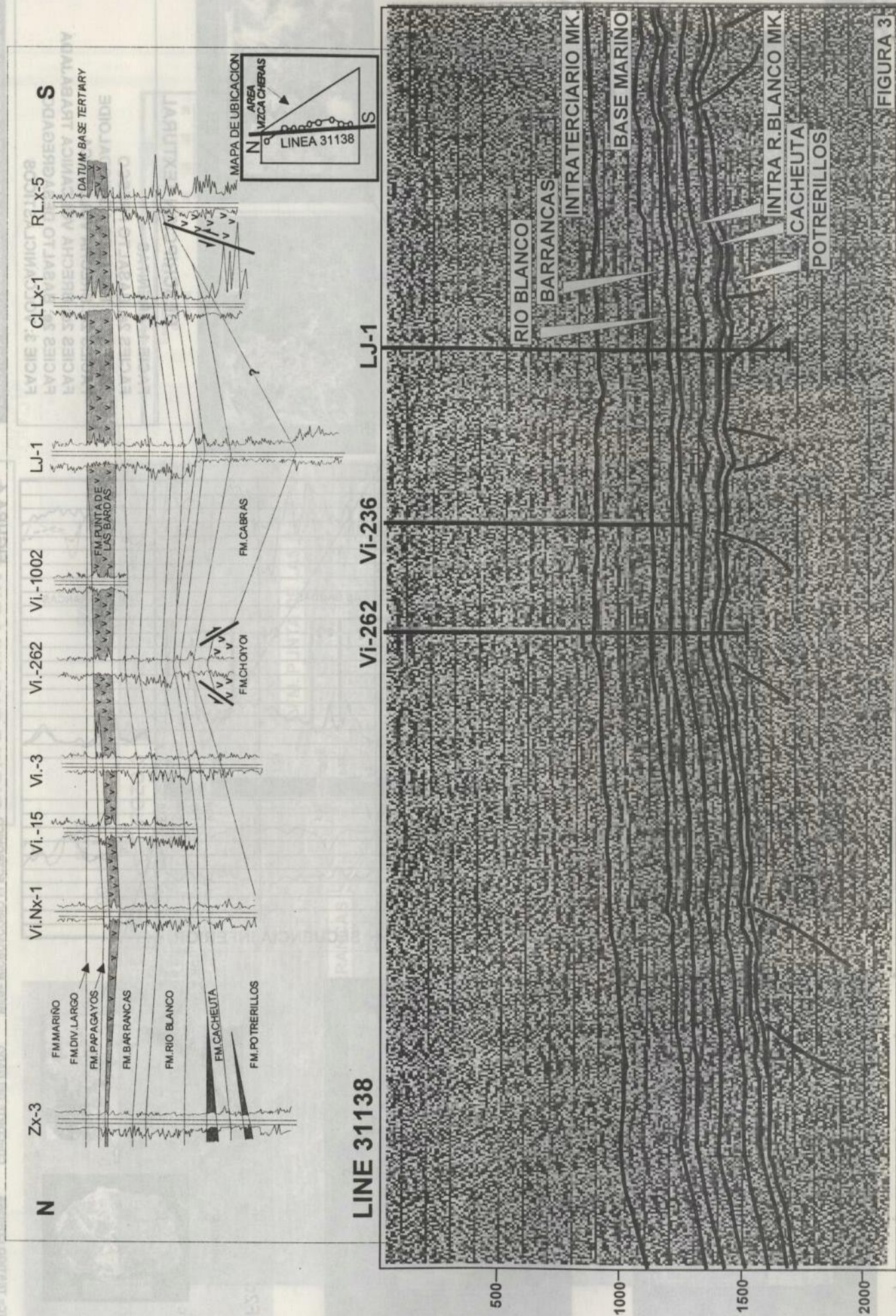


FIGURA 1

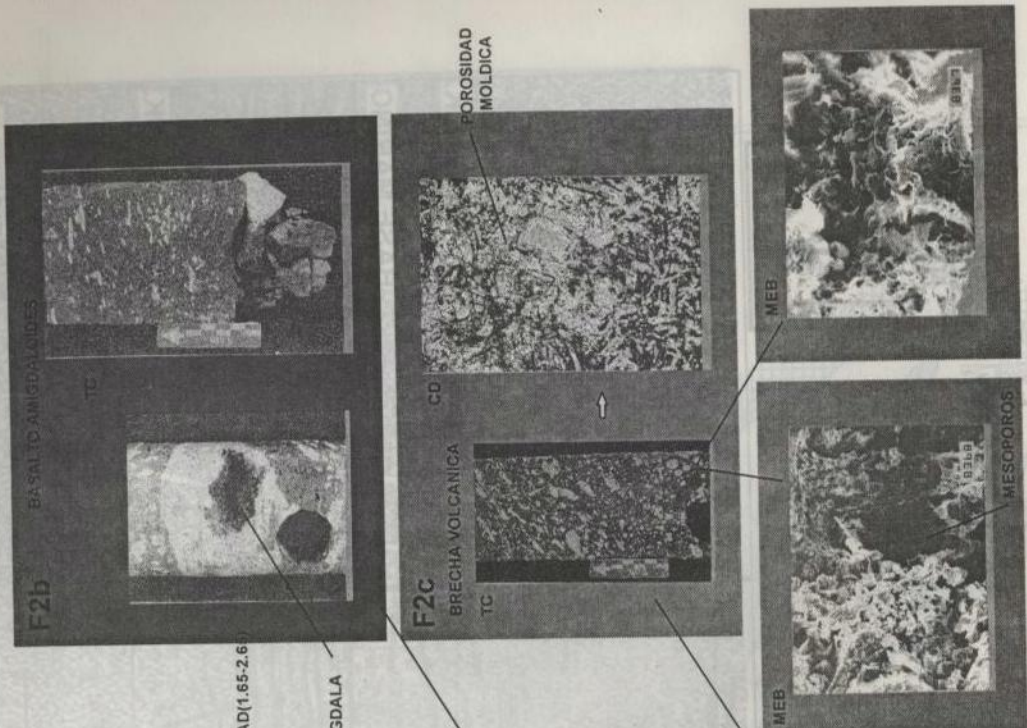
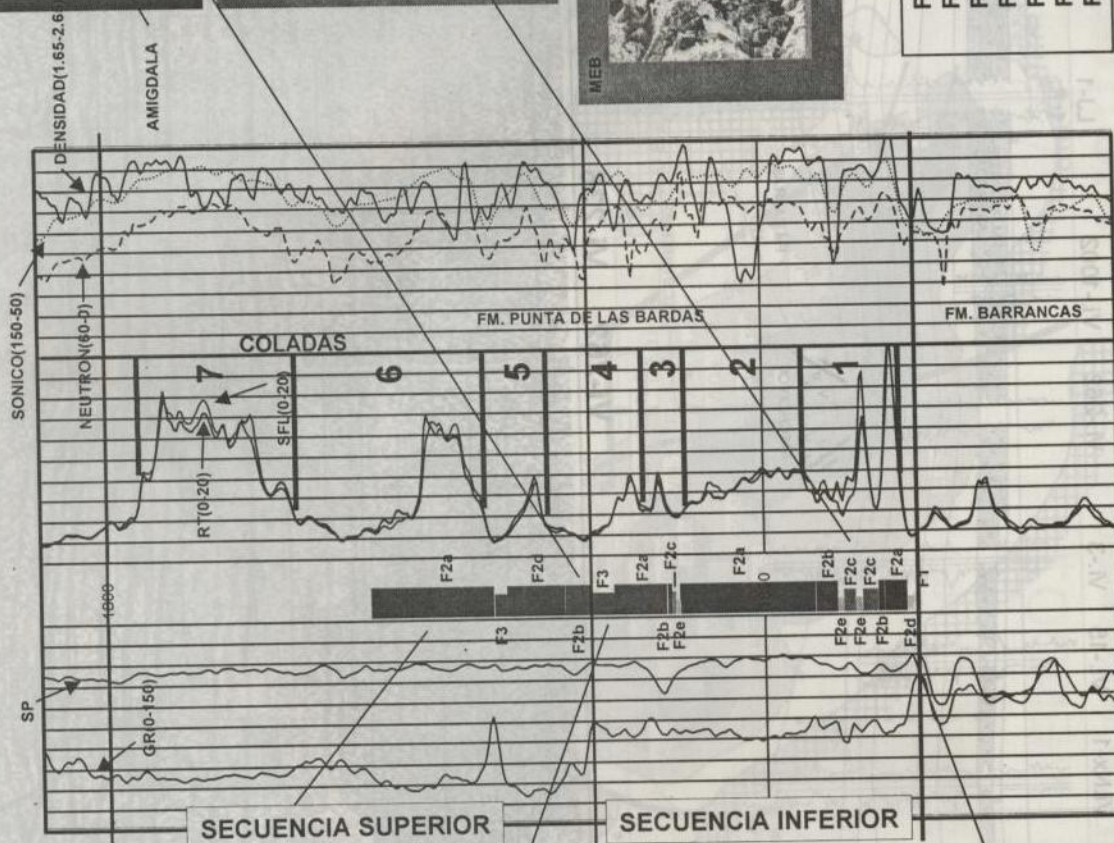
VIZCACHERAS AREA

LINEA SISMICA Y CORTE ESTRATIGRAFICO



POZO 1

REGISTROS ELECTRICOS Y DESCRIPCION DE TESTIGO CORONA



DESCRIPCION TEXTURAL

- FACIE 1: ARENITAS
- FACIES 2a: BASALTO FRESCO
- FACIES 2b: BASALTO AGMIGALOIDE
- FACIES 2c: BRECHA VOLCANICA
- FACIES 2d: BRECHA VOLCANICA TRABAJADA
- FACIES 2e: BASALTO DESAGREGADO
- FACIE 3: VOLCANICLASTICOS

FIGURA 4

MEB= MICROSCOPIO ELECTRONICO

CD=CORTE DELGADO

TC= TESTIGO CORONA

LINEA SISMICA Y SISMOGRAMA SINTETICO

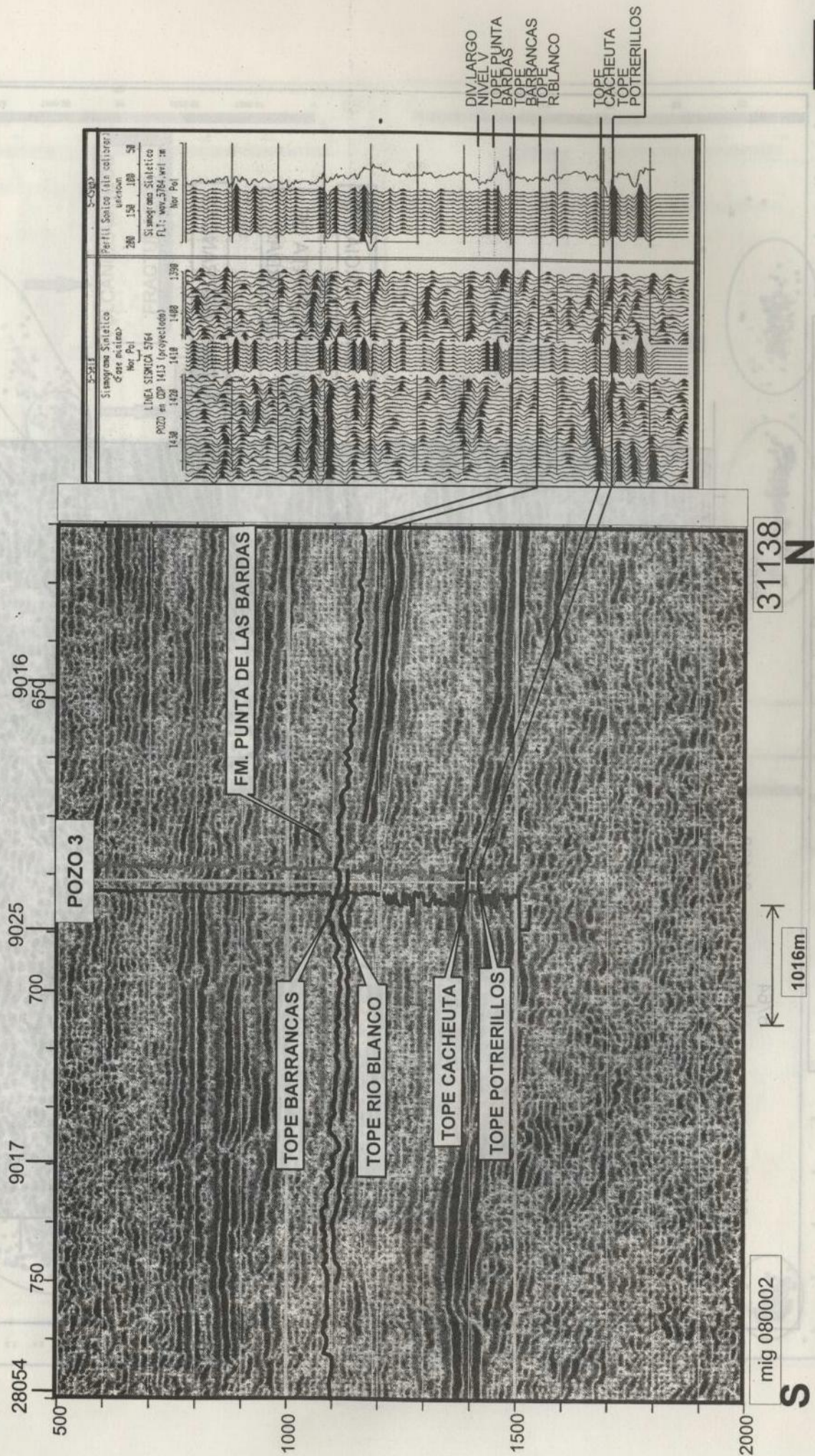


FIGURA 5

ESQUEMA ESTRUCTURAL FORMACION PUNTA DE LAS BARDAS FRACTURADA

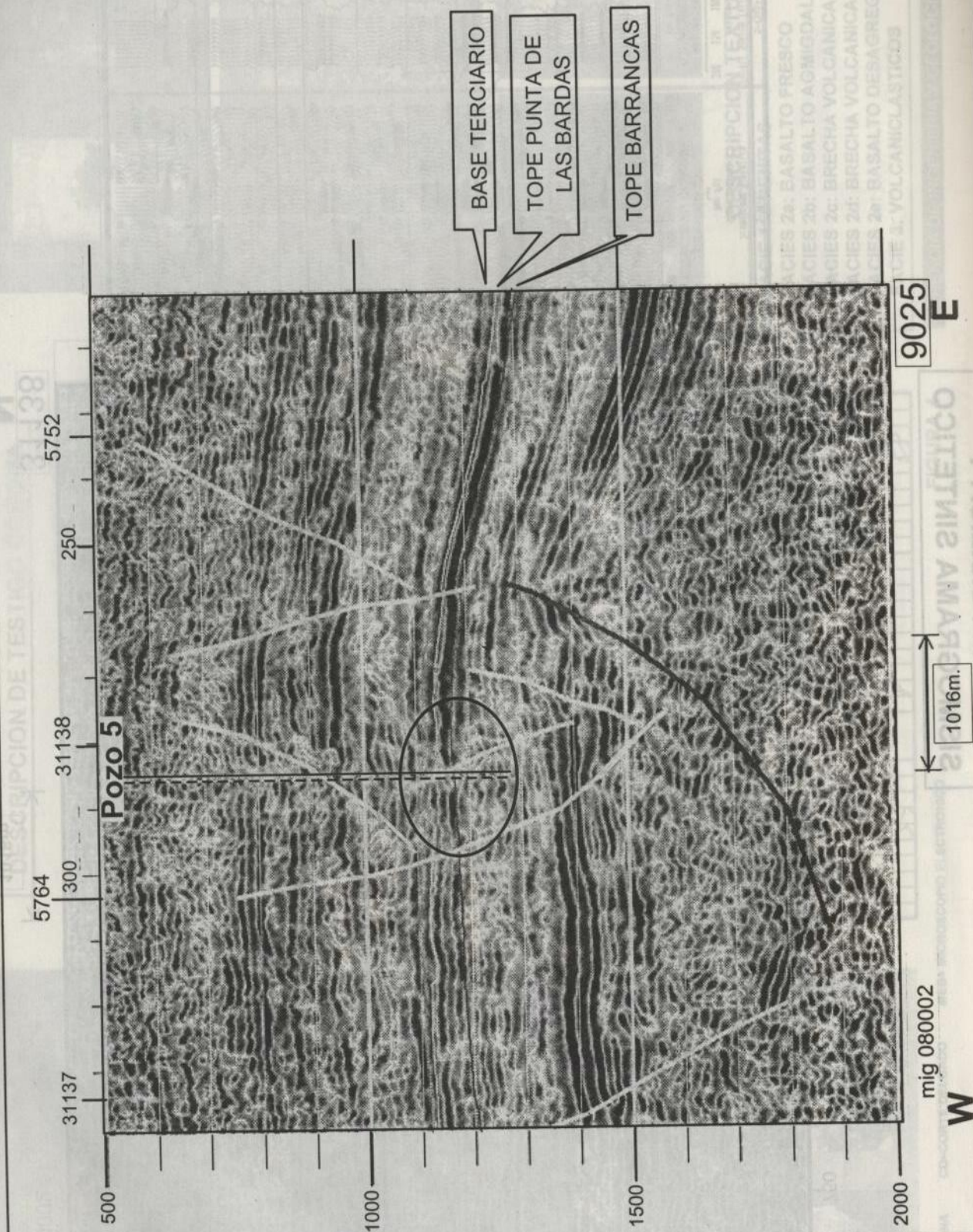


FIGURA 5a

CROSSPLOT
FM. PUNTA DE LAS BARDAS

POZO 1

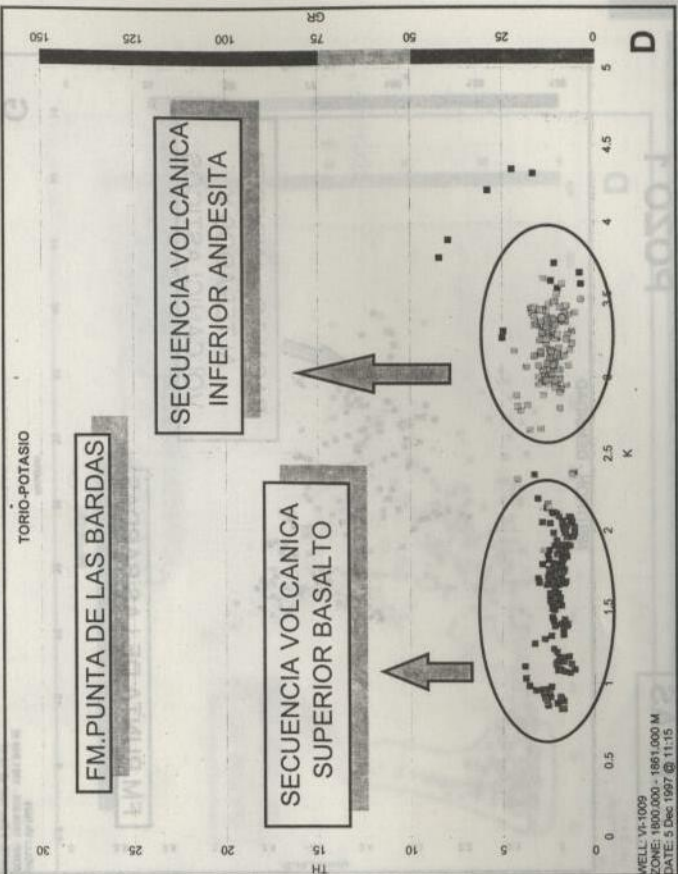
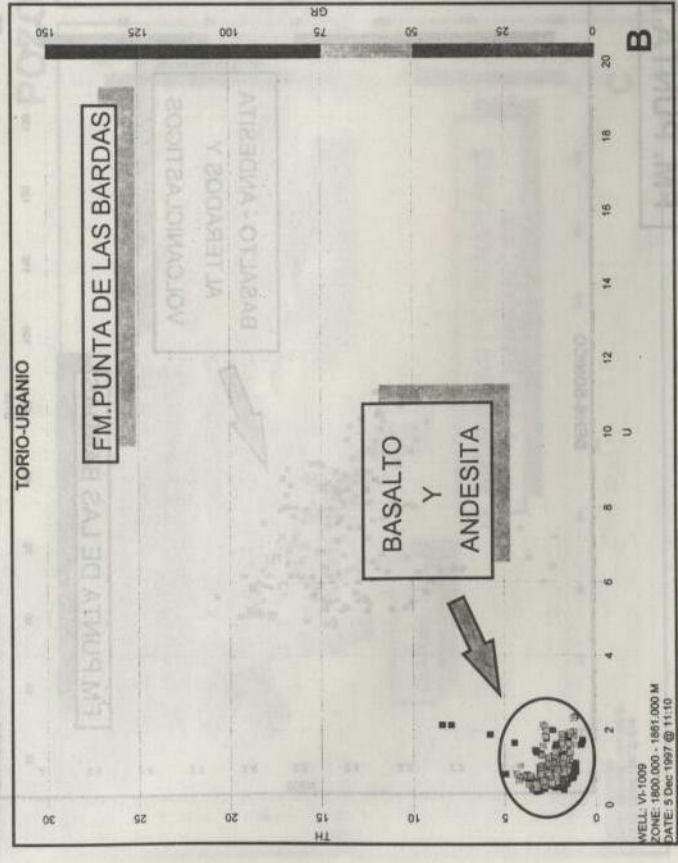
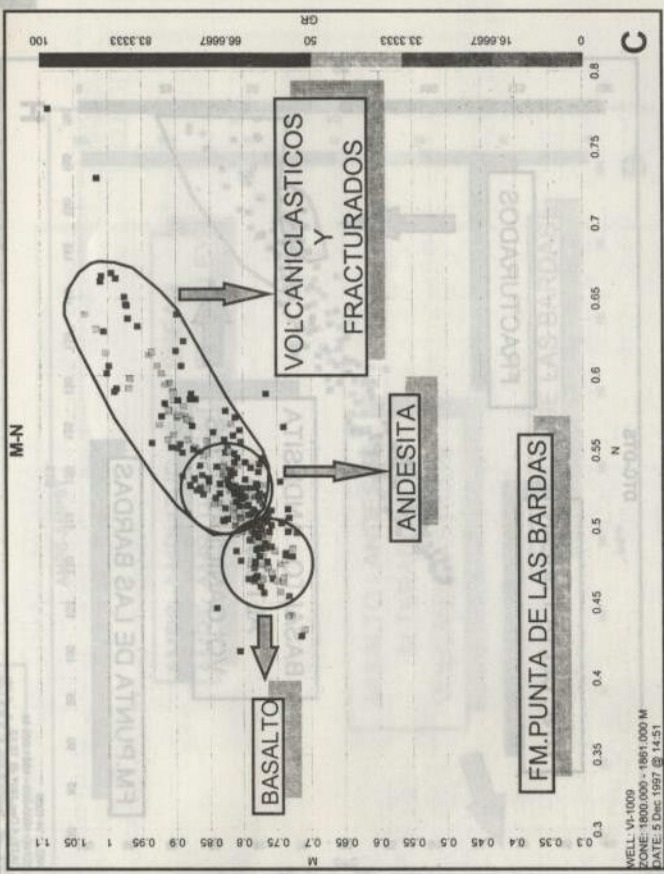
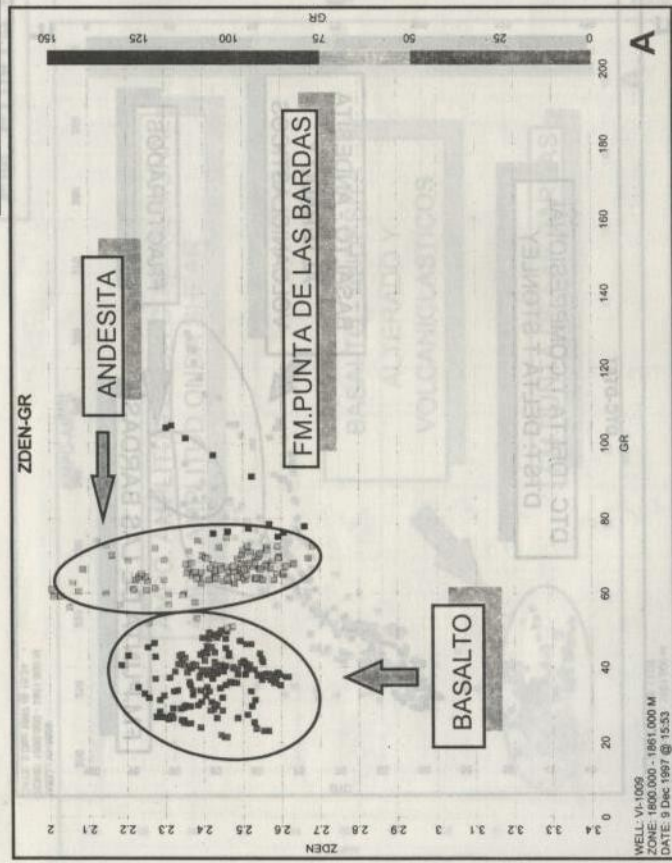


FIGURA 6 GERENCIA DE INGENIERIA Y GEOLOGIA DE DESARROLLO

CROSSPLOT FM. PUNTA DE LAS BARDAS

POZO 1

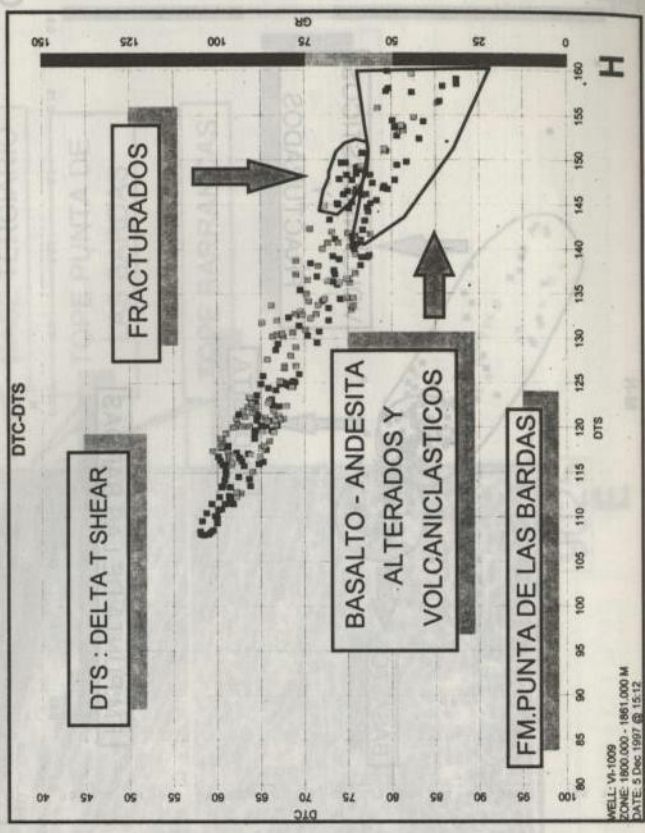
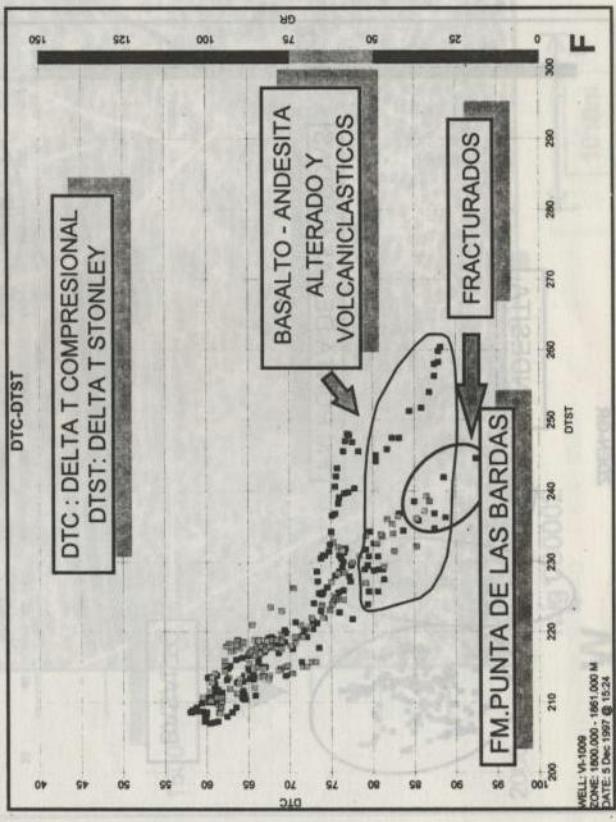
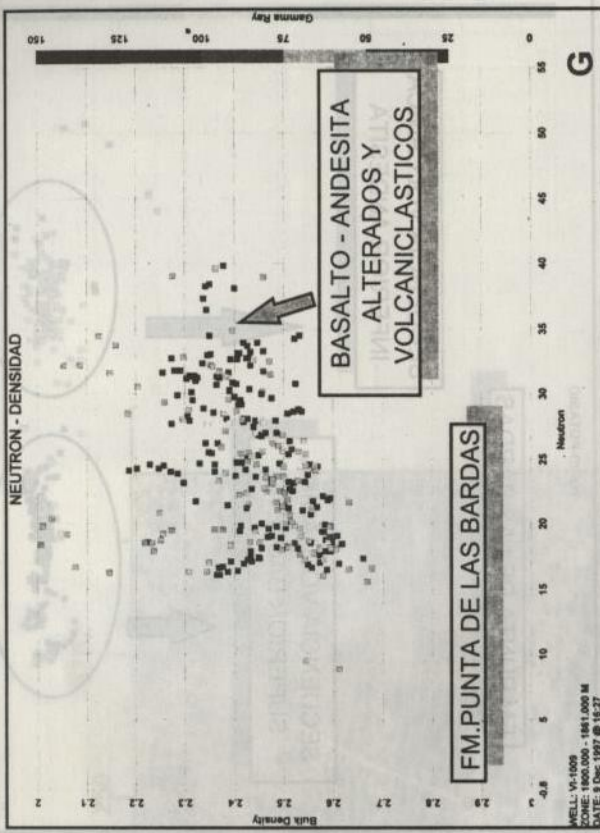
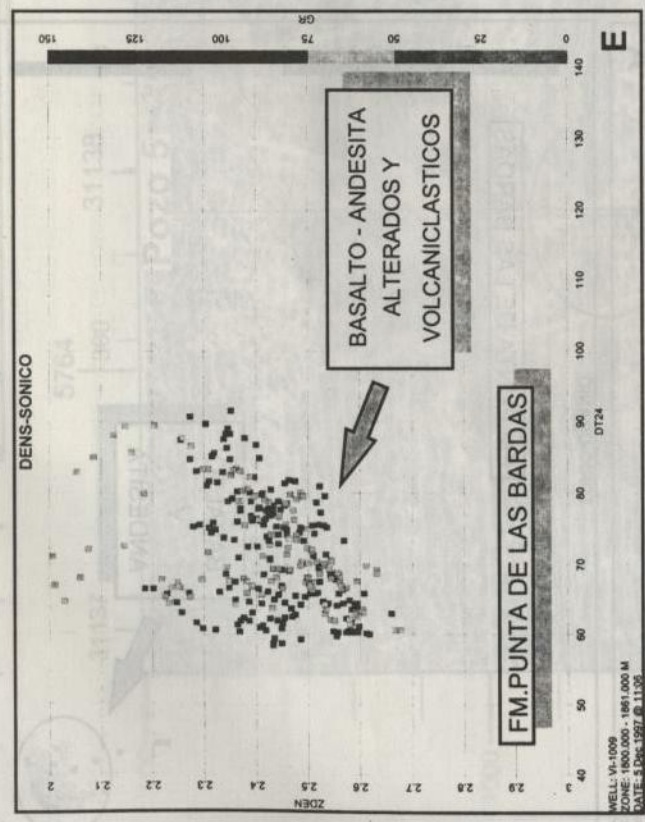
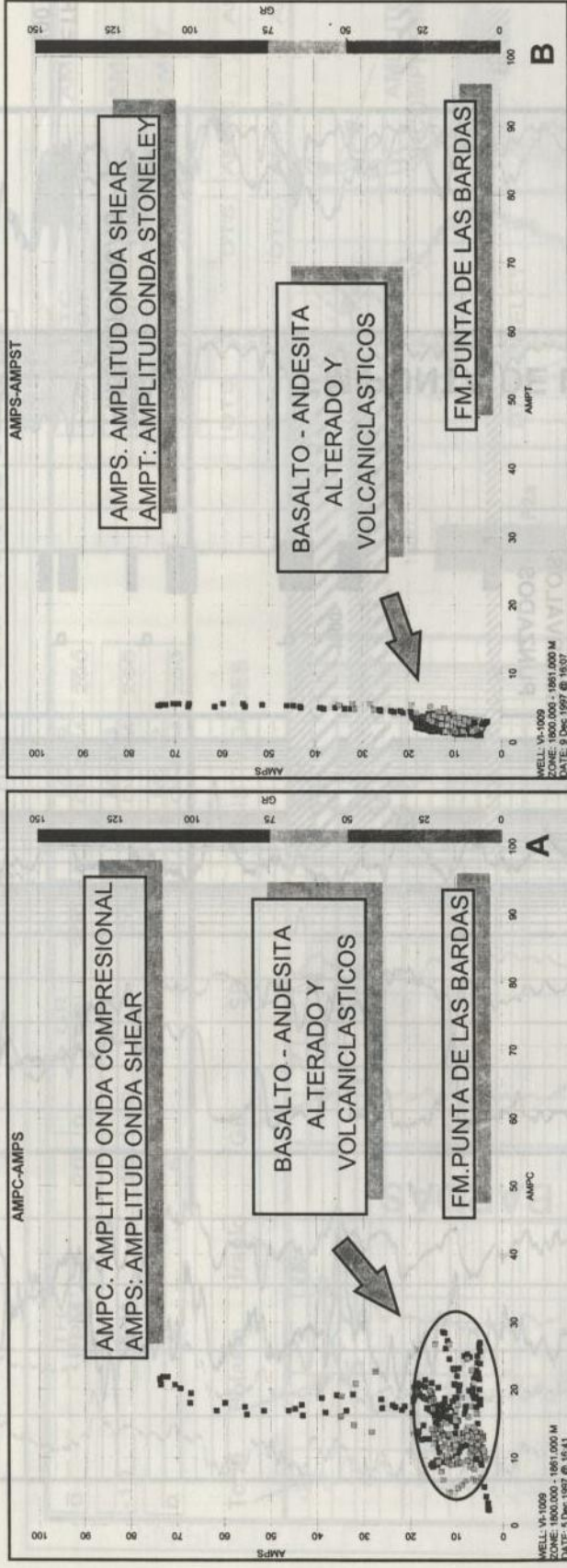


FIGURA 7



CROSSPLOT FM. PUNTA DE LAS BARDAS

POZO 1



POZO 2

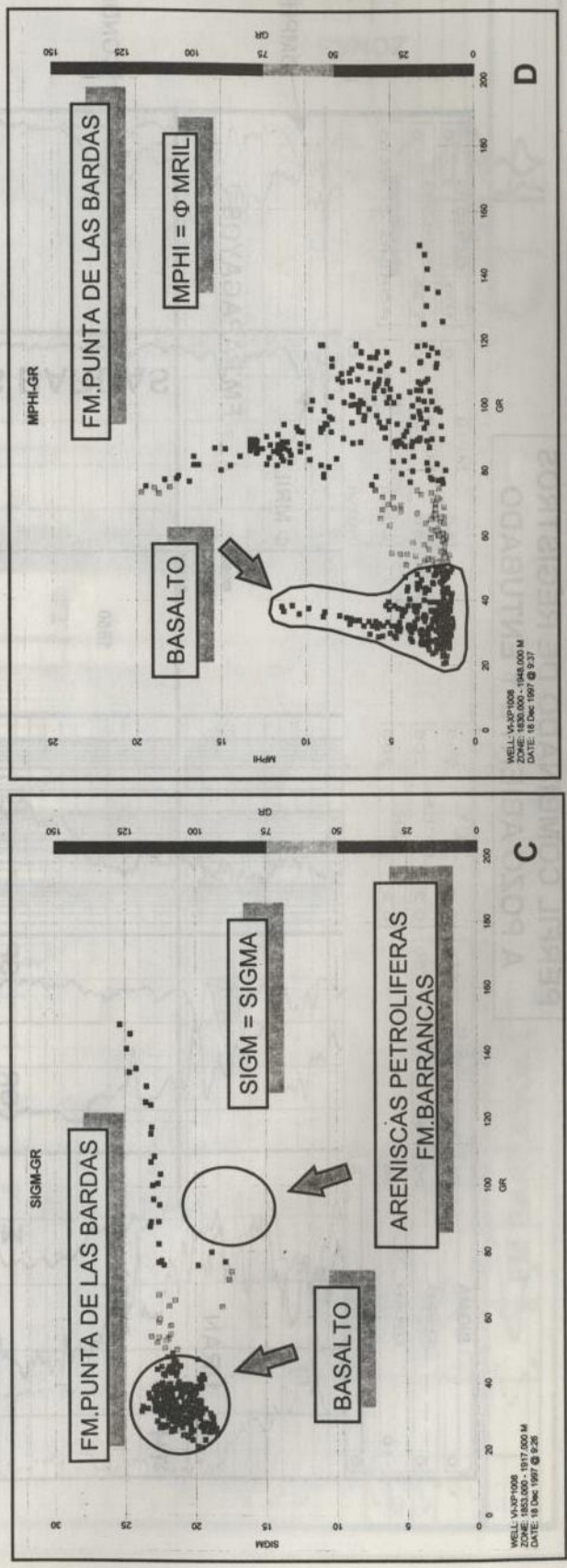


FIGURA 8

POZO 3 **PERFIL COMBINADO DE REGISTROS** **A POZO ABIERTO Y ENTUBADO**

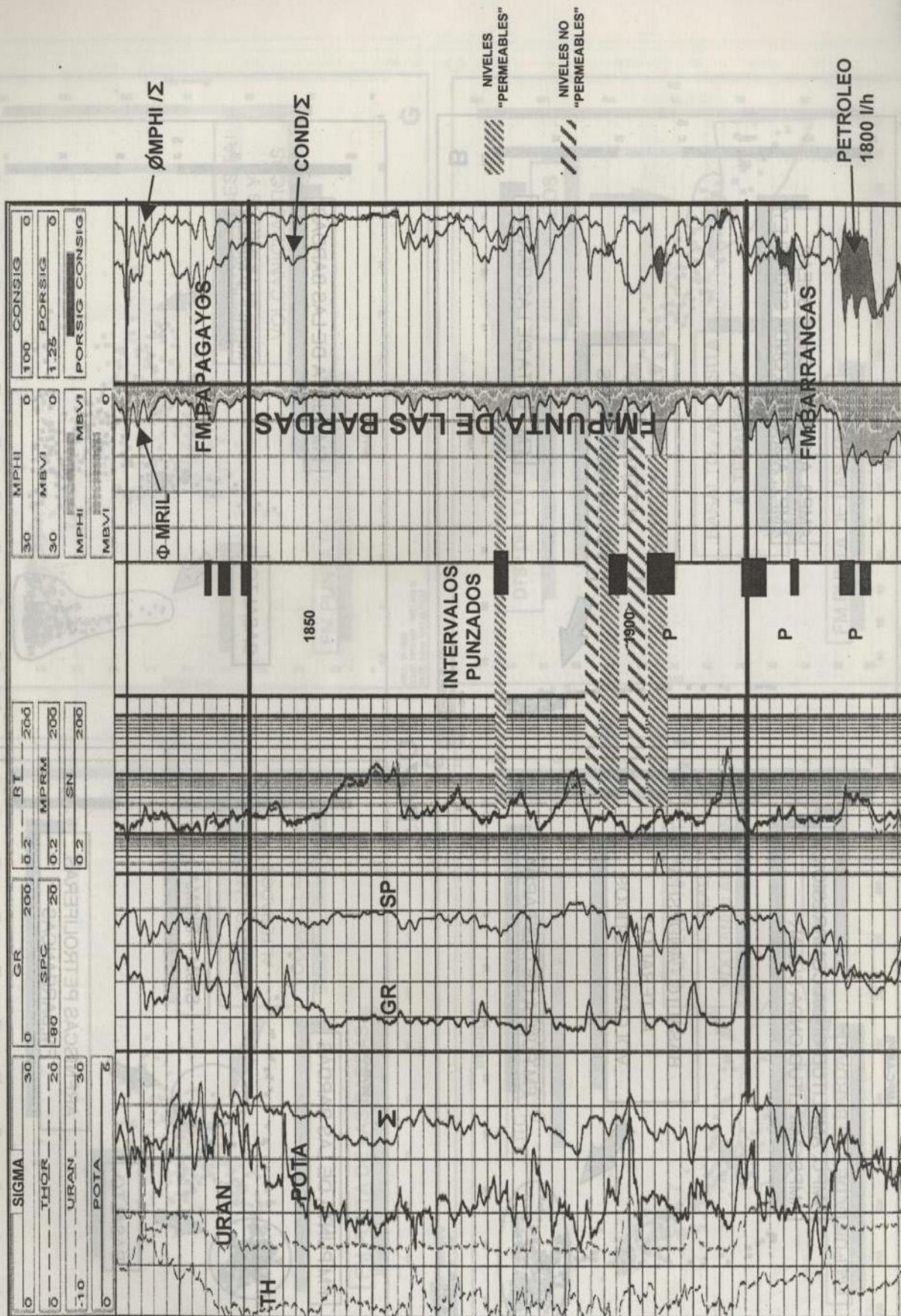


FIGURA 9

GERENCIA DE INGENIERIA Y GEOLOGIA DE DESARROLLO

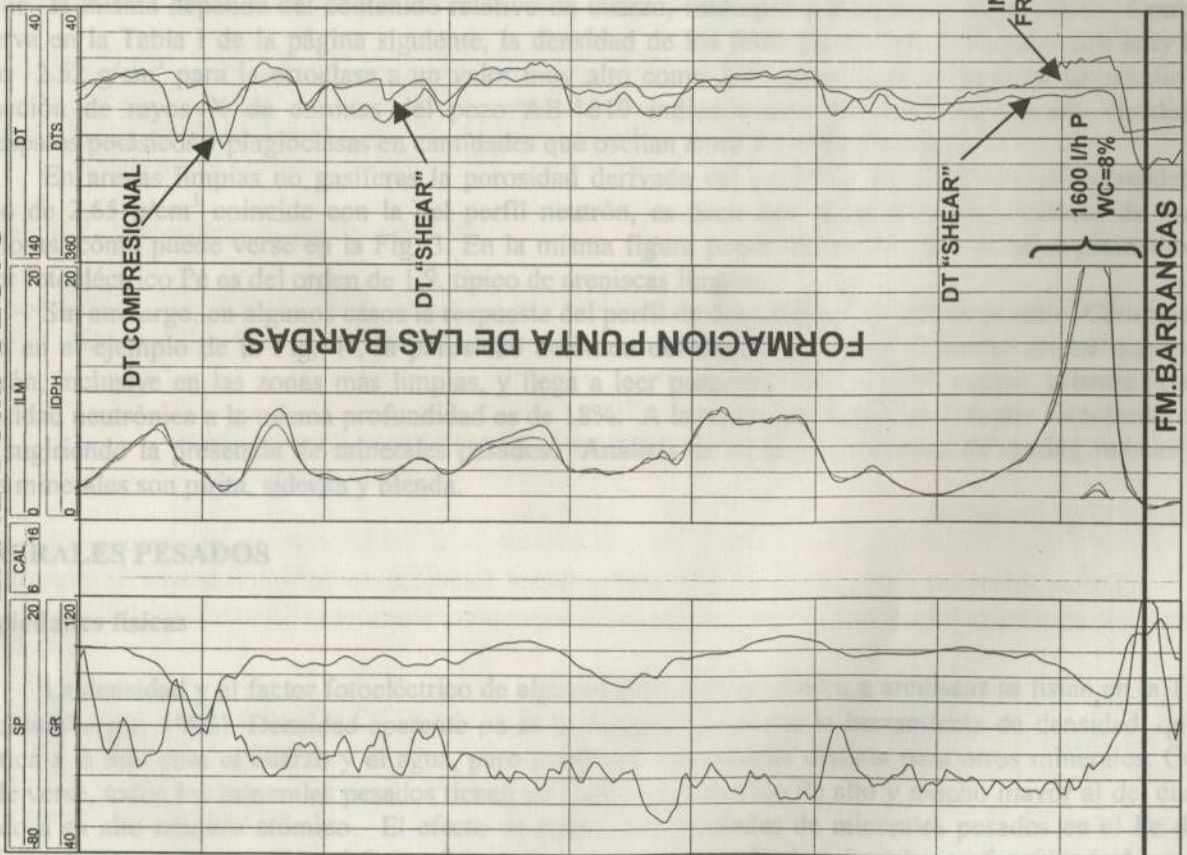


PERFIL COMBINADO CON DESCRIPCION DE CORONA



FIGURA 10

PERFIL COMPUESTO



FORMA DE ONDA
VDL

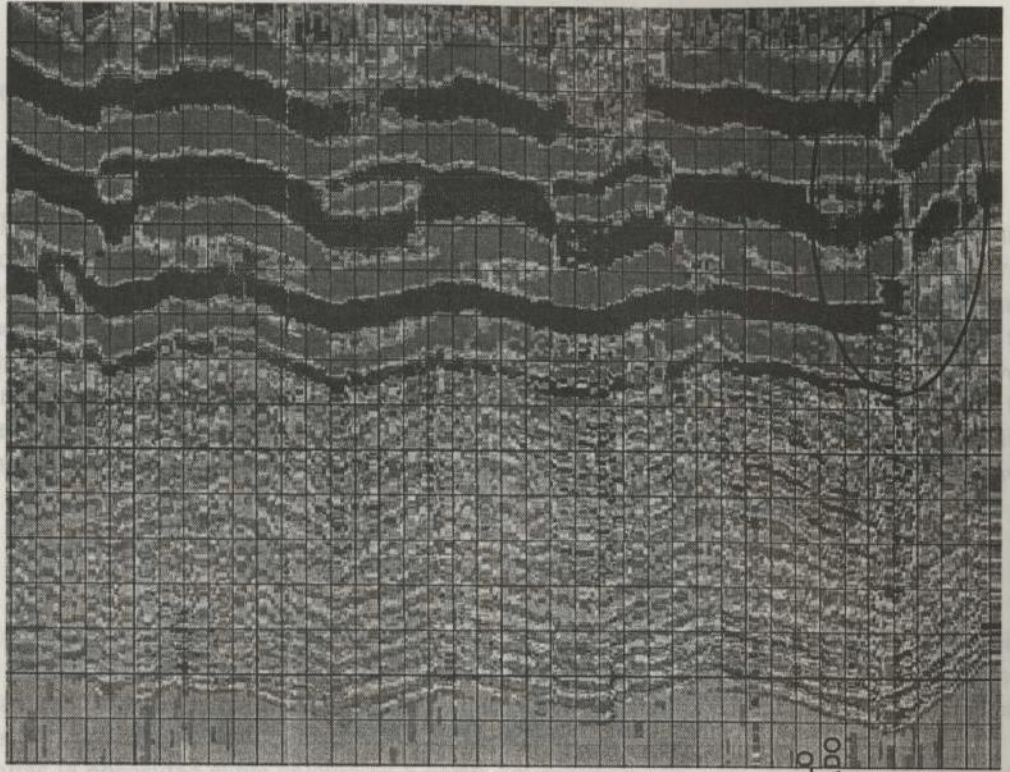


FIGURA 12