



**PROGRAMA SISMICO
CESAR RANCHERIA 2D**

**REPORTE FINAL DE
PROCESAMIENTO E
INTERPRETACION**

**CODAZZI (Cesar)
2006**

Agencia Nacional de Hidrocarburos – ANH

UT Kpital Geofísica



JSC Saratovneftegeofísica

I N F O R M E
DE EXPLORACIÓN SÍSMICA
DE ACUERDO AL PROYECTO: CESAR RANCHERÍA 2D

En dos tomos
Tomo 1. Texto

Saratov – Rusia
2007

Agencia Nacional de Hidrocarburos – ANH

UT Kpital Geofísica



JSC Saratovneftegeofísica

Ejemplar № 1

I N F O R M E
DE EXPLORACIÓN SÍSMICA
DE ACUERDO AL PROYECTO: CESAR RANCHERÍA 2D

(Procesamiento, interpretación y modelamiento geológico
de la información sísmica de reflexión-2D, obtenida
en la cuenca Cesar-Ranchería de la República de Colombia)

(Contrato SNG – UTKG 336/2006)

En dos tomos
Tomo 1. Texto

Autores:
Olshansky A.S.
Kuzmin E.L.
Maslianitzkiy V.V.

Saratov – Rusia
2007

ENVÍO

LISTA DE AUTORES

Autor responsable Geofísico general Olshanskiy A.S.	Conclusiones; Sub-capítulos 3.1, 3.2, 3.3; Asesoría en geofísica; Elaboración de mapas
Autor responsable Geólogo jefe Kuzmin E.L.	Introducción; Conclusiones; Capítulo 1; Sub-capítulos 3.4, 3.5 Interpretación geológica; Elaboración de mapas
Autor responsable Geofísico de primera categoría Ph. D. en Ciencias Geológicas y mineras Maslianitzkiy V.V.	Capítulo 2 Procesamiento sísmico
En la elaboración del informe participaron: Geofísicos de primera categoría: Shilnikova V.I., Zemlianujina L.V.	Procesamiento sísmico
Geofísicos de primera categoría: Feoktistova K.M. Geofísicos: Kasianova N.V. Koniukova N.A.	Diseño de gráficas digitales, figuras y texto

INFORME

OLSHANSKIY A.S., KUZMIN E.L. Informe de exploración sísmica de acuerdo al programa de exploración sísmica según el proyecto: Cesar-Ranchería 2D-2005 “Procesamiento, interpretación y modelamiento geológico de la información sísmica de reflexión-2D, adquirida en la cuenca Cesar-Ranchería de la República de Colombia” (contrato SNG – UTKG 336/2006), 130 páginas, 59 figuras, 13 anexos de figuras, 11 referencias bibliográficas.

JSC “Saratovneftegeofísica”, marzo 2007 Rusia, 410019, ciudad Saratov, Krainiaia 129. MINMINAS - Ministerio de Minas y Energía de la República de Colombia (Colombia, Bogotá); B.I.P. – Banco de Información Petrolera de la República de Colombia (Bogotá, Colombia); S. T. ANH – División técnica de la Agencia Nacional de Hidrocarburos de la República de Colombia (Bogotá, Colombia); UT Kpital Geofísica (Bogotá, Colombia); SNG – JSC “Saratovneftegeofísica” (Saratov, Rusia).

INFORME. Objetivo de la investigación:

– “Definir todas las unidades potenciales con perspectivas de petróleo y gas”.

El procesamiento de datos sísmicos de campo se realizó con ayuda del programa GeoCluster Plus (CGG, Francia). Su interpretación se efectuó con el programa GeoGraphix Discovery (Landmark, EE.UU). Como resultado de la investigación se identificaron los horizontes geológicos prospectivos. Fueron elaborados mapas estructurales y secciones en tiempo, 1:100000, por los principales horizontes reflectores analizados.

PALABRAS CLAVES: República de Colombia, cuenca de petróleo y gas Cesar-Ranchería, exploración sísmica de reflexión, capa sedimentaria, estructuras anticlinales, alteraciones tectónicas, petróleo.

Autor del informe

Geofísico principal Olshanskiy A.S.

CONTENIDO

TOMO 1. TEXTO

	Pag.
INTRODUCCIÓN	11
1. INFORMACIÓN GENERAL DEL AREA	12
2. PROCESAMIENTO BASICO	27
2.1. Características de la calidad de los datos sísmicos originales	27
2.2. Informe de procesamiento básico	27
2.3. Equipos y Programas Usados	27
2.4. Parámetros de campo	28
2.5. Selección de parámetros utilizados en la secuencia de procesamiento	29
2.5.1 Primer Cálculo de correcciones estáticas	33
2.5.2 Cálculo de correcciones estáticas por el método de las ondas de refracción con la secuencia de programas Green Mountain "Fathom"	35
2.5.3 Procesamiento de registros de campo Creación de archivos descripción de la geometría y títulos de encabezamientos (headers)	36
2.5.4 Edición automática de los registros de campo	36
2.5.5 Recuperación de amplitudes	37
2.5.6 Deconvolución	38
2.5.7 Filtro pasabanda	46
2.5.8 Evaluación de la Eficiencia de los filtros correctivos	46
2.5.9 Filtración coherente de los registros	46
2.5.10 Corrección dinámica (NMO)	51
2.5.11 Corrección automática de la estática	53
2.5.12 Procesamiento de la sección en tiempo Filtración correctiva	54

	Pag
2.5.13 Amarre de las reflexiones en las intersecciones de las secciones en tiempo	56
2.5.14 Atenuación del ruido aleatorio (random noise)	56
2.5.15 Evaluación de la eficiencia del procesamiento en sus diferentes etapas	56
2.5.16 Migración de velocidad media	58
2.5.17 Atenuación de los efectos de la difracción en la migración	58
2.5.18 Control de Calidad	58
2.6 Descripción de los parámetros de la secuencia de procesamiento	61
2.7. Breve descripción de los módulos utilizados de los paquetes interactivos del programa GeoCluster y abreviaturas	64
3. INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS SÍSMICOS Y RESULTADOS	69
3.1 Correlación sísmica de los principales horizontes de reflexión	69
3.2 Descripción del patrón de ondas y método de interpretación	69
3.3. Descripción de los mapas de isócronas	72
CONCLUSIONES	85
RECOMENDACIONES	86

LISTA DE FIGURAS

	Pag.
Figura 1.1. Mapa general de ubicación del área de investigación	14
Figura 1.2. Provincias geológicas del norte de Colombia	15
Figura 1.3. Mapa geológico de la República de Colombia con indicación del área de trabajo	16
Figura 1.4. Cuencas sedimentarias de Colombia.	18
Figura 1.5. Esquema de estudios sísmicos de refracción-2D realizados en la cuenca Cesar-Ranchería	19
Figura 1.6. Sección en tiempo para el perfil en la parte sur de la cuenca Cesar	21
Figura 1.7. Columna general litóestratigráfica de la cuenca Cesar	22
Figura 1.8. Cuenca Cesar: cronología, litoestratigrafía y secuencia de la estratificación	23
Figura 1.9. Sección en tiempo de las líneas que cubren el proyecto Cesar 2D	24
Figura 1.10. Modelo diagnóstico de la construcción geológica de la zona de articulación de la cuenca intermontana del Cesar y del macizo de la sierra de Perija	25
Figura 1.11. Modelo hipotético de la constitución de la cuenca del Cesar	26
Figura 1.12. Mapa geológico de la cuenca Cesar Ranchería con el programa de las Líneas procesadas ANH-CR-2005-06	27
Figura 2.1. Secuencia básica de procesamiento	32
Figura 2.2. Comparación de las variantes de cálculo de las correcciones estáticas iniciales en el ejemplo de la línea ANH-CR-2005-06	34
Figura 2.3. Comparación de las variantes de aplicación de las correcciones estáticas Iniciales en el ejemplo de los fragmentos de las secciones en tiempo de la línea ANH-CR-2005-06	37

	Pag
Figura 2.4. Comparación de resultados de la regulación de amplitudes en el ejemplo del sismograma del punto común de disparo N° 1277 de la línea ANH-CR-2005-04	39
Figura 2.5. Comparación de resultados de la regulación de amplitudes en el ejemplo Del sismograma del punto común de disparo N° 1277 de la línea ANH-CR-2005-04	39
Figura 2.6. Comparación de los tipos de deconvolución en el ejemplo de la línea ANH-CR-2005-06 (OGT 2130-2370)	41
Figura 2.7. Comparación de los tipos de deconvolución en el ejemplo de la línea ANH-CR-2005-06 (OGT 2130-2370)	42
Figura 2.8. Comparación de los resultados de los análisis de las pruebas de los parámetros básicos de deconvolución de los impulsos (longitud del operador) en el ejemplo de la línea ANH-CR-2005-04.	44
Figura 2.9. Comparación de las pruebas del empate de los filtros ajustados a la Superficie de deconvolución para la sección en tiempo de la línea ANH-CR-2005-04	45
Figura 2.10. Comparación de los resultados de los filtrados pasa banda para el ejemplo de los sismogramas de los puntos de disparo 1277 de la línea ANH-CR-2005-04	47
Figura 2.11. Eficiencia del filtrado correctivo para el ejemplo de la línea ANH-CR-2005-06 fragmentos de secciones en tiempo y cantidades estimadas calculadas para las ventanas W1 y W2	48
Figura 2.12. Eficiencia del filtrado de coherencia aplicado al material de campo para el ejemplo de la línea ANH-CR-2005-01. Fragmentos de la sección en tiempo y cantidades estimadas para las ventanas calculadas W1 y W2	50
Figura 2.13. Comparación de los resultados de la corrección NMO para el ejemplo De la sección e tiempo de la línea ANH-CR-2005-01	52
Figura 2.14. Comparación de los resultados de la aplicación de las correcciones automáticas de las estáticas para los ejemplos de los fragmentos de la sección en tiempo para la línea ANH-CR-2005-01	54

	Pag
Figura 2.15. Estimativo de la calidad del procesamiento a las diferentes etapas para el ejemplo de la línea ANH-CR-2005-01 (CDP 6480-7080). Fragmentos de sección en tiempo y cantidades estimadas para el calculo en las ventanas W1 y W2.	56
Figura 2.16. Comparación de los tipos de velocidad media de migración en una Sección en tiempo para el ejemplo de los fragmentos de sección en tiempo de la Línea ANH-CR-2005-04	58
Figura 2.17. Selección de la función de velocidad de migración en el campo FX para el ejemplo de los fragmentos de sección en tiempo de la línea ANH-CR-2005-04	59
Figura 3.1. Sección en tiempo de la línea ANH-CR-2005-04	69
Figura 3.2. Sección en tiempo de la línea ANH-CR-2005-02	72
Figura 3.3. Sección en tiempo de la línea ANH-CR-2005-06	73
Figura 3.4. Sección en tiempo de la línea ANH-CR-2005-08	74
Figura 3.5. Sección en tiempo de la línea ANH-CR-2005-10	75
Figura 3.6. Sección en tiempo de la línea ANH-CR-2005-10	76

NOTA. Se incluyen los archivos de las graficas del informe en formato digital, para que puedan ser impresos en un tamaño mayor si es necesario.

LISTA DE TABLAS

	Pag.
Tabla 1.1. Estratigrafía Regional	25
Tabla 1.2. Interrelación de las secuencias estratigráficas de la cuenca Cesar –Ranchería	26
Tabla 1.3 Estadísticas por línea procesada	29

Tomo 2. ANEXOS GRÁFICOS

Anexo 1. Mapa de localización de las líneas 1: 100.000

Mapa de las isócronas (T_0):

Anexo 2. Mapa isócrono del horizonte condicional de reflexión F-1 superficie del basamento (?) (bloque1) 1: 100000

Anexo 3. Mapa isócrono del horizonte condicional de reflexión F-0 superficie del basamento (?) (bloque 0) 1: 100000

Anexo 4. Mapa isócrono del horizonte condicional de reflexión F-2 superficie del basamento (?) (bloque 2) 1: 100000

Anexo 5. Mapa isocorno del horizonte condicional de reflexión I Interior de los sedimentos del Jurásico (?) (bloque 1) 1: 100000

Anexo 6. Mapa isocrono del horizonte condicional de reflexión II Interior de los sedimentos del Jurásico (?) (bloque II)

Anexo 7. Mapa isocrono del horizonte condicional de reflexión K En la parte basal de los sedimentos del Cretácico (?) 1: 100000

Anexo 9. Sección en tiempo de la línea ANH-CR-2005-02 1: 100000

Secciones finales en tiempo

Anexo 8. Sección en tiempo de la línea ANH-CR-2005-01

Anexo 10. Sección en tiempo de la línea ANH-CR-2005-04

Anexo 11. Sección en tiempo de la línea ANH-CR-2005-06

Anexo 13. Sección en tiempo de la línea ANH-CR-2005-08

Anexo 14. Sección en tiempo de la línea ANH-CR-2005-01

TOTAL: 13 anexos en 13 hojas

INTRODUCCIÓN

En el presente informe se exponen el procesamiento y la interpretación de datos sísmicos obtenidos como resultado de la ejecución de la exploración sísmica de reflexión-2D en la cuenca petrolífera Cesar Ranchería, ubicada al norte de la República de Colombia. Lo anterior para dar cumplimiento al Contrato N° 336/2006 del 11 de octubre de 2006, entre la unión temporal "UT KPITAL-GEOFÍSICA" (UTKG) y "Saratovneftegeofisica" (SNG). Cliente Principal - Agencia Nacional de Hidrocarburos de la República de Colombia.

De acuerdo al Contrato mencionado se planeó procesar e interpretar 207.0 km de líneas sísmicas regionales. De acuerdo con los resultados de los trabajos en el procesamiento e interpretación, la parte colombiana entregó 6 líneas sísmicas con un volumen general de 218.07 km.

Los registros sísmicos de campo fueron procesados e interpretados por especialistas de "Saratovneftegeofisica" (la lista de procesadores e interpretes se halla en la página 3). El trabajo de oficina se realizó en dos etapas: primera – procesamiento de secuencia básica de los registros sísmicos; segunda – interpretación de los apilados y las migraciones de las secciones en tiempo y modelamiento geológico. El objetivo perseguido con los datos era identificar todas las posibilidades petrolíferas y de gas del área. La descripción de los resultados obtenidos se encuentra en el presente informe.

Los autores del presente informe expresan sus más sinceros agradecimientos a Martha Giraldo y a Carlos Lombo, especialistas de la ANH, por su asesoría en la realización del trabajo. Hacen un reconocimiento especial al Candidato a Doctor en Ciencias Geológicas y mineras (Ph. D en geología) Antonio Medina Duarte.

Cabe recalcar que aún sin tener en cuenta las relaciones con la parte colombiana, los autores del informe no obtuvieron los datos de pozo necesarios para el trabajo (el amarre a los pozos, el espesor de las secuencias, los datos de los parámetros de velocidad y demás). El no conocer estos datos, por parte de los autores, condujo a que no se realizaran los mapas estructurales de acuerdo al material sísmico que se tenía, ya que en los territorios con estructuras complejas, desde el punto de vista geológico, realizar mapas estructurales sin conocer la dependencia de velocidad no es correcto.

1. DESCRIPCION GENERAL DEL ÁREA

El área de investigación se encuentra en la parte nororiente de la República de Colombia, en inmediaciones de la cuenca gaso-petrolífera Cesar-Ranchería. Desde el punto de vista administrativo, el área se halla en la parte oriental del Departamento del Cesar, en la zona montañosa de la Serranía de Perija, la cual delimita a la cuenca por el sudeste (figura 1.1). La cuenca Cesar-Ranchería¹, con un área de 11.630 Km², se relaciona con la cuenca intrarmontana del mismo nombre de extensión nororiental, la cual se delimita en el noroeste por el macizo montañoso de la Sierra Nevada de Santa Marta, que es continuación de la cordillera Central, y en el sudeste por las montañas de la Sierra del Perija, que son parte constituyente de la cordillera Oriental. En el norte la cuenca se delimita por la falla de Oca y en el sudoeste por la falla de Santa Marta-Bucaramanga. Estas fallas son cabalgamientos: la de Oca presenta un cabalgamiento del lado derecho y la de Santa Marta, del izquierdo. Los desplazamientos a lo largo de la falla de Oca llegan hasta 45 kilómetros y por la falla Santa Marta, hasta 110 kilómetros. Los movimientos por las zonas de cabalgamiento empezaron, quizá, en el Mioceno Tardío – Plioceno y continúan hasta el momento (2). La cuenca Cesar-Ranchería tiene frontera, por la falla de Santa Marta-Bucaramanga, con la cuenca sedimentaria (gaso-petrolífera) del Valle inferior del Magdalena, la cual por el sur se conecta con la cuenca sedimentaria (gaso-petrolífera) del Valle medio del Magdalena (figura 1.2). Con estas dos cuencas se relacionan los yacimientos principales de gas y petróleo en Colombia.

Ya en la mitad del siglo XVI los europeos conocían acerca de la existencia de estas fuentes de petróleo. Las exploraciones del petróleo empezaron en el año 1916 y la explotación industrial del primer yacimiento, Infantas, entre los años 1921 – 1922. En la cuenca del Cesar la explotación de hidrocarburos comenzó en el año 1938 con el pozo El Paso-1 (Tropical Oil Company) (4).

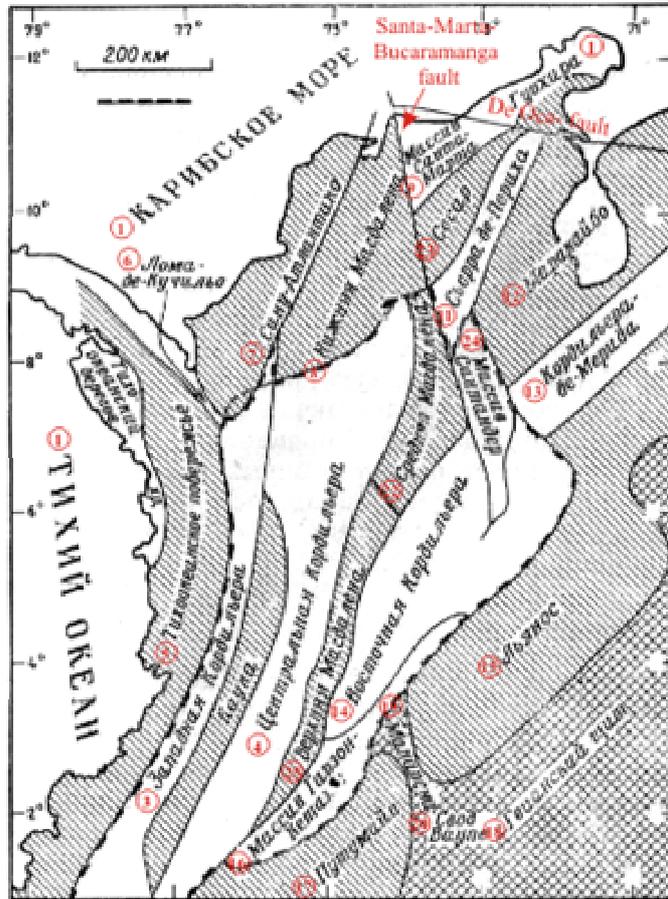
El estudio planificado de la geología de Colombia comenzó al final de los años 20 del siglo pasado, cuando se dio inicio a intensos trabajos de campo. Entre los años 1962-1976, se realizó un levantamiento geológico a partir del cual fueron elaborados y publicados mapas geológicos del territorio colombiano. En estos trabajos tomaron parte conocidos investigadores, tales como A.Ganser, H.Huvach, C.Bjurgl, E.Irving, F.Etayo, V.Oppehejn, H.Arango, K.Kaseros y otros (figura 1.3).



ANH data

 - study area

Figura 1.1. Mapa general de ubicación del área de investigación



- 1- Caribbean Sea. 2- Pacific Ocean. 3- Western Cordillera. 4- Central Cordillera. 5- Pacific coast. 6- Loma de Cuchillo. 7- Samu Atlantico. 8- Lower Magdalena. 9- Santa Marta massif. 10- Guajira. 11- Sierra de Perija. 12- Maracaibo. 13- Cordillera de Merida. 14- Eastern Cordillera. 15- Llanos. 16- Garzon-Cetame massif. 17- Putumajo. 18- Guiana shield. 19- Macarena. 20- Vaupe dome. 21- structural depressions are shaded. 22- Middle Magdalena. 23- Cesar. 24- Santander massif. 25- Top Magdalena

Figura 1.2. Zonas geológicas del norte de Colombia.

Fuente. Paper "Los andes Colombianos" de K. Campbell. (Depresiones estructurales sombreadas)

En el año 1961, la compañía estatal de petróleos "Ecopetrol" elaboró un mapa de las cuencas sedimentarias, en las que se realizaron, o se planeaban realizar trabajos exploratorios de petróleo y gas (figura 1.4). En el año 1981, A. Medina Duarte publicó el mapa de las cuencas petrolíferas de Colombia.

INFORME FINAL DE PROCESAMIENTO E INTERPRETACION
PROGRAMA SISMICO CESAR RANCHERIA 2D 2006

A pesar de la ya larga historia de investigación de las cuencas gasopetrolíferas de Colombia, su estructura geológica y las perspectivas de producción de petróleo y de gas han sido poco estudiadas. Esto se debe a que desde sus comienzos, la exploración y la extracción de los hidrocarburos han sido realizadas por compañías privadas, principalmente extranjeras, las cuales no informaban al estado sobre la estructura geológica de las áreas investigadas. La poca información publicada en la prensa es de carácter particular y aislado.

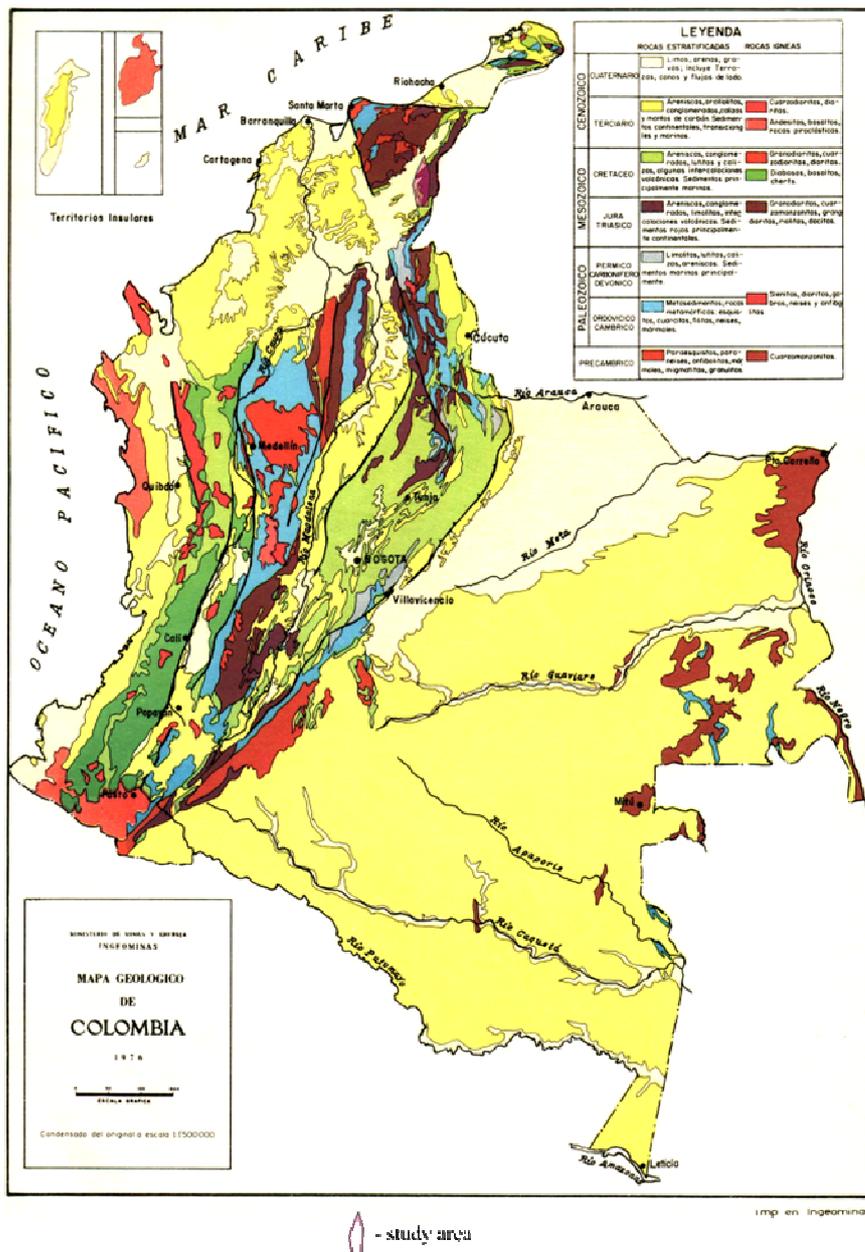


Figura 1.3. Mapa geológico de la República de Colombia con indicación del área de trabajo

Los trabajos geofísicos (la exploración sísmica reflexión-2D) en la cuenca Cesar-Ranchería se realizaron entre los años 1979 – 1981 y 1988 – 1989. Su volumen es de 700 Km de líneas sísmicas reflexión-2D. Estas líneas se ubican en los límites del valle de la cuenca Cesar-Ranchería y normalmente no “llegan” hasta su parte montañosa. La mayoría de estas líneas fueron realizadas en la parte sudoeste (más ancha) de la cuenca del Cesar (figura 1.5).

El territorio de la cuenca Cesar-Ranchería ha sido poco estudiado con ayuda de pozos. En su área se perforaron 14 pozos bajo la clasificación exploratoria A-3 (Cesar A-1X, F-1X, H-1X; Los Venados-1; El paso-1, 2, 3; río Maracas, Molino-1, 1X; Cerrejon-1; Papayal-1 y otros). Los sedimentos más antiguos, observados en los pozos, en las partes externas de la cuenca, son del Jurásico (Formación La Quinta). El pozo más profundo, El Paso-3, se ubica en la parte axial de la cuenca del Cesar, con profundidad establecida por la perforación de 3538 metros, en los sedimentos de la formación Aguas Blancas del Cretácico. Durante la perforación en algunos de los pozos se presentaron manifestaciones de petróleo y gas como en el Paso-3. El estudio del territorio de la cuenca Cesar-Ranchería por pozos constituye 1 pozo por 830 km².

La estructura geológica de la cuenca Cesar-Ranchería esta constituida por rocas cristalinas del basamento de edad Arcaico-proterozoica temprana y Proterozoica tardía, así como las formaciones sedimentarias del Paleozoico, Mesozoico y Cenozoico. La tabla 1.1 que se encuentra en el anexo del presente tomo, muestra la estratigrafía regional de la cuenca en estudio y de las adyacentes y la tabla 1.2 en el mismo anexo, la interrelación de los complejos estratigráficos de las cuencas Cesar y Ranchería con las zonas contiguas (incluidos sus confines montañosos).

La capa sedimentaria de la cuenca intermontana Cesar-Ranchería esta constituida, principalmente, por formaciones terrígenas. Las rocas de carbonato se encuentran en los sedimentos del Pérmico y del Cretácico. Los espesores más potentes de carbonatos se observan en la formación Lagunitas de edad aptiano y en la secuencia superior de Aguas Blancas del aptiano-albiano tardío, también en el complejo La Luna del Cretácico Tardío (cenomaniano – santoniano) representado por calizas y margas. En los sedimentos del Triásico se hallan cuerpos intrusivos de contenido grano-diorítico y/o cuarzo-diorítico (secuencias La Mula y Chimichagua). En la sección de la capa sedimentaria se observan una serie de superficies erosivas a través de las cuales, los sedimentos superiores contactan con las rocas inferiores con gran discordancia angular y estratigráfica. El intervalo de la sección del Jurásico hasta el Paleoceno se caracteriza por la presencia de eventos extensos y dinámicamente pronunciados. Los horizontes mejor diferenciados se relacionan con la secuencia La Luna (figura 1.6). Los depósitos cuaternarios afloran en gran parte de la superficie del valle de la cuenca Cesar – Ranchería. Existen algunos afloramientos del terciario (TR) y del Jurásico

(secuencia La Quinta- JQ) asociados con altos locales que los separan. El Cretaceo (secuencia del grupo Cogollo – Kic y secuencia del Rio Negro – Kir), del Jurásico (secuencia de la Quinta – Jq) y Paleozoico (secuencia de grupo Cachiri – Pzc) son afloramientos presentes en la superficie del macizo de la Serranía del Perijá. Sedimentos del Paleozoico afloran al este de la zona de estudio (Fig. 1.7).

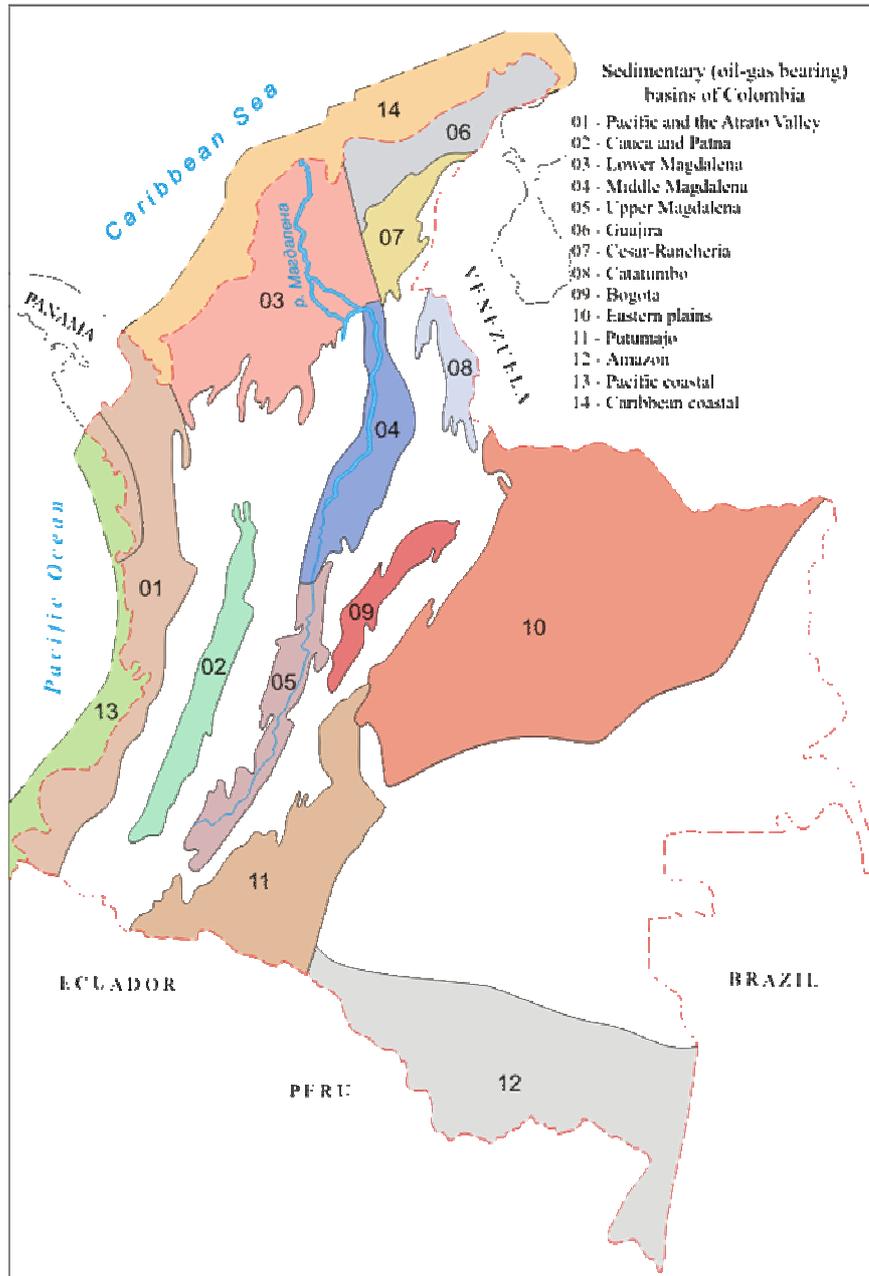


Figura 1.4. Cuencas sedimentarias de Colombia

Fuente. Datos de ECOPETROL 1961

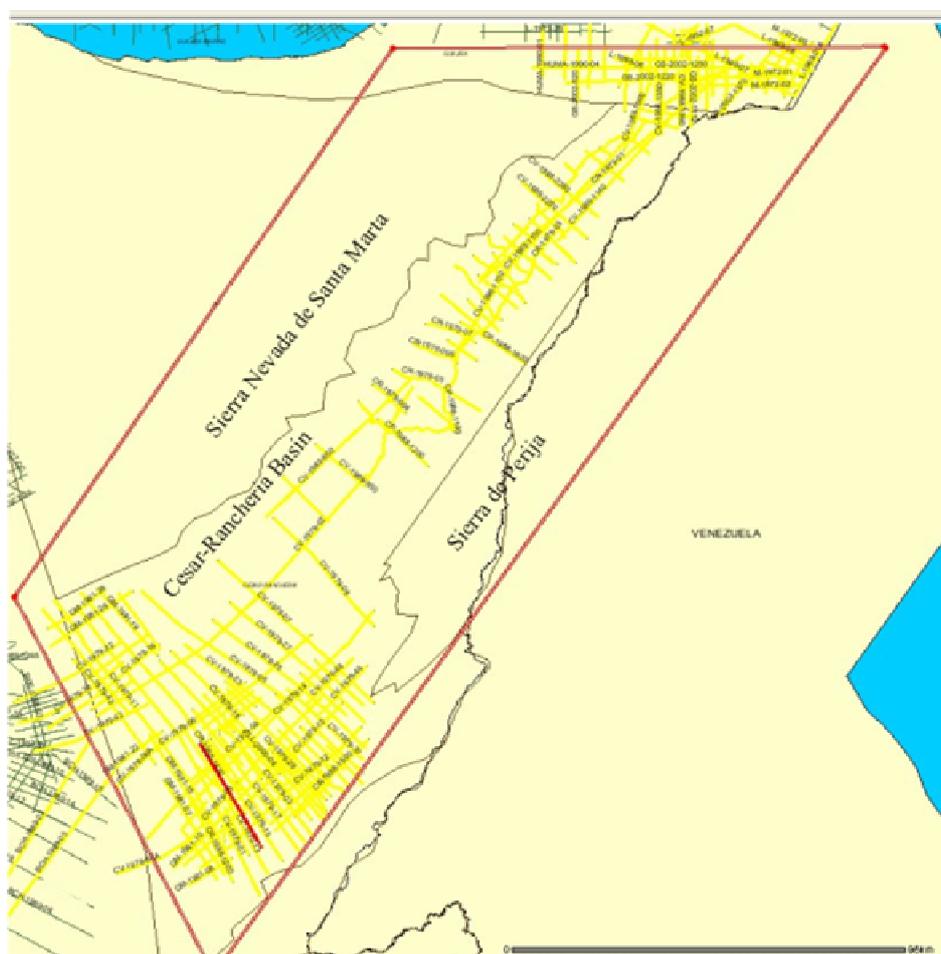


Figura 1.5. Esquema de estudios sísmicos de refracción-2D realizados en la cuenca Cesar Ranchería
Fuente. Información ICP.

Se consideran rocas fuente de petróleo los sedimentos de las formaciones el Molino, La Luna y las secuencias del grupo Cogollo que son de edad Cretácica (fig. 1.8; tabla 1.1, 1.2) (4).

Los reservorios de hidrocarburos se relacionan, tanto con los sedimentos de las secuencias cretácicas del Río Negro, La Luna, Molino y del grupo Cogollo del Cretácico, como con los sedimentos de la secuencia Barco del Paleoceno (fig. 1.8; tabla 1.1, 1.2) (4).

Los datos acerca de las características litológicas de la sección de la cuenca Cesar se señalan en la columna litóestratigráfica general (figura 1.8) (11). En la figura 1.9 se muestra la cronoestratigrafía, la litoestratigrafía y la secuencia de estratos para la capa sedimentaria de la cuenca Cesar (11).

Hasta el momento en los límites de la cuenca Cesar-Ranchería se han descubierto los yacimientos Alejo 1, 2, 3 y el depósito de gas Astrea con los reservorios en los sedimentos de la secuencia La Luna.

Las investigaciones geofísicas y geológicas realizadas en los límites de la cuenca Cesar (perforación de pozos y exploración sísmica) muestran su compleja estructura geológica, condicionada, por el amplio desarrollo en la capa sedimentaria, de alteraciones disyuntivas, las cuales lo fraccionan en innumerables bloques tectónicos. Las alteraciones disyuntivas son principalmente representadas en mayor grado por fallas inversas y por fallas inversas de cabalgamiento, por las cuales los bloques orientales (sudorientales) se desplazan hacia arriba y/o cabalgan sobre los bloques tectónicos, ubicados más al occidente (al noroeste).

La mayor dislocación de la capa sedimentaria se observa en la parte oriental de la cuenca, en la zona de su articulación con el macizo de la Sierra del Perija (figura 1.6, 1.10). Debido a la dislocación fuerte de la capa sedimentaria, la calidad de los datos sísmicos registrados en esta zona es baja.

Algunos investigadores colombianos piensan que el macizo de la Sierra del Perijá (o su parte frontal) cabalga y se pliega sobre la parte este (sudeste) de la cuenca Cesar-Ranchería, mientras que la parte hundida autóctona de la cuenca, esta plegada y puede considerarse como una zona promisoría desde el punto de vista de la búsqueda de petróleo y gas. Se pronostica que debajo del cabalgamiento existan bloques autóctonos y para-autóctonos de tipo anticlinal, con los cuales pueden estar relacionadas trampas de hidrocarburos (figura 1.11). La estructura hipotética de la zona de articulación de la cuenca intermontana Cesar con el macizo de la Sierra del Perijá se muestra en la figura 1.12. La investigación se realizó precisamente con el objetivo de estudiar la estructura geológica de esta zona (determinación de la existencia del cabalgamiento y del sobrecubrimiento horizontal y de la magnitud del recubrimiento horizontal, y asimismo, la resolución del problema de la existencia de las estructuras debajo del cabalgamiento). Con el objetivo de resolver los problemas planteados, se ubicó en la zona de articulación de los elementos tectónicos mencionados anteriormente una serie de líneas regionales (figura 1.12).

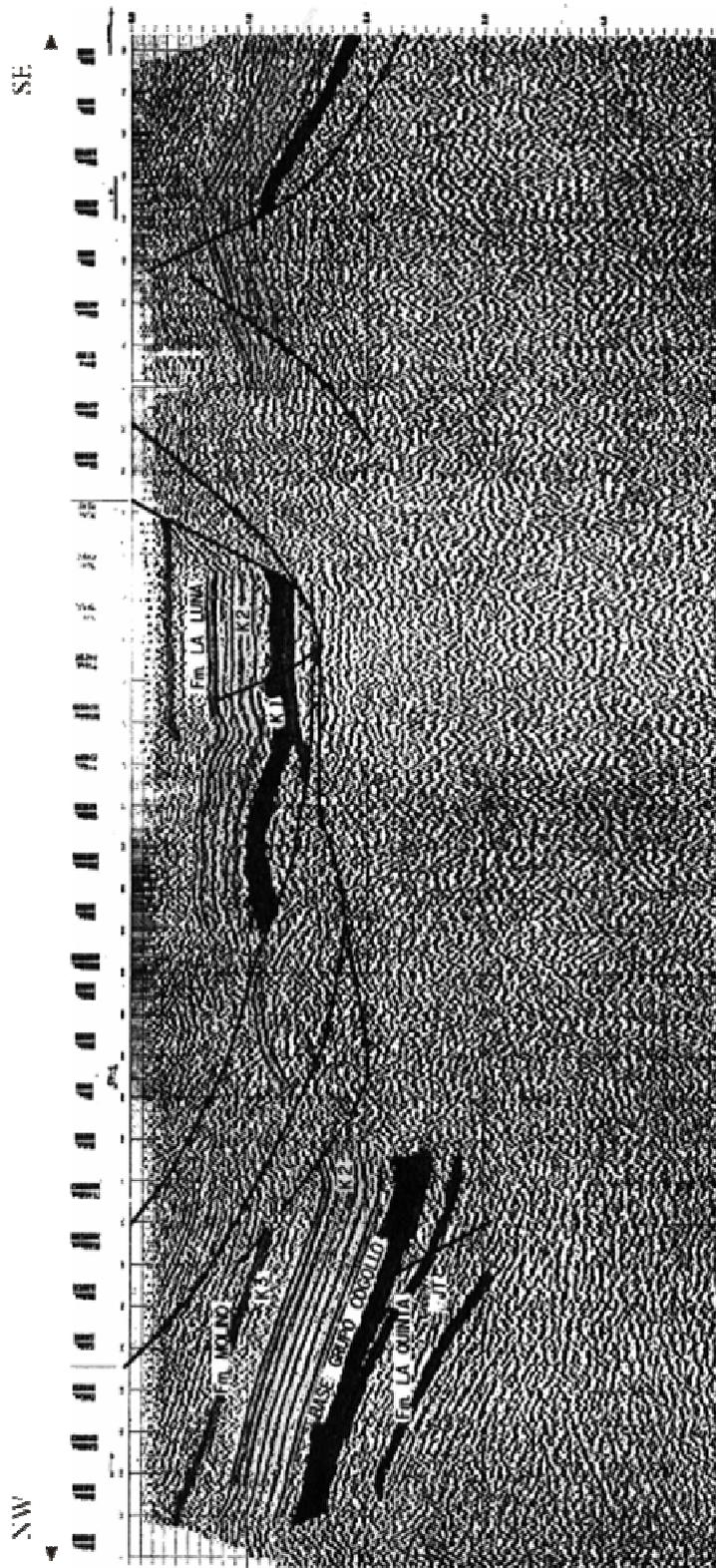


Figura. 1.6 Sección en tiempo para el perfil en la parte sur de la cuenca

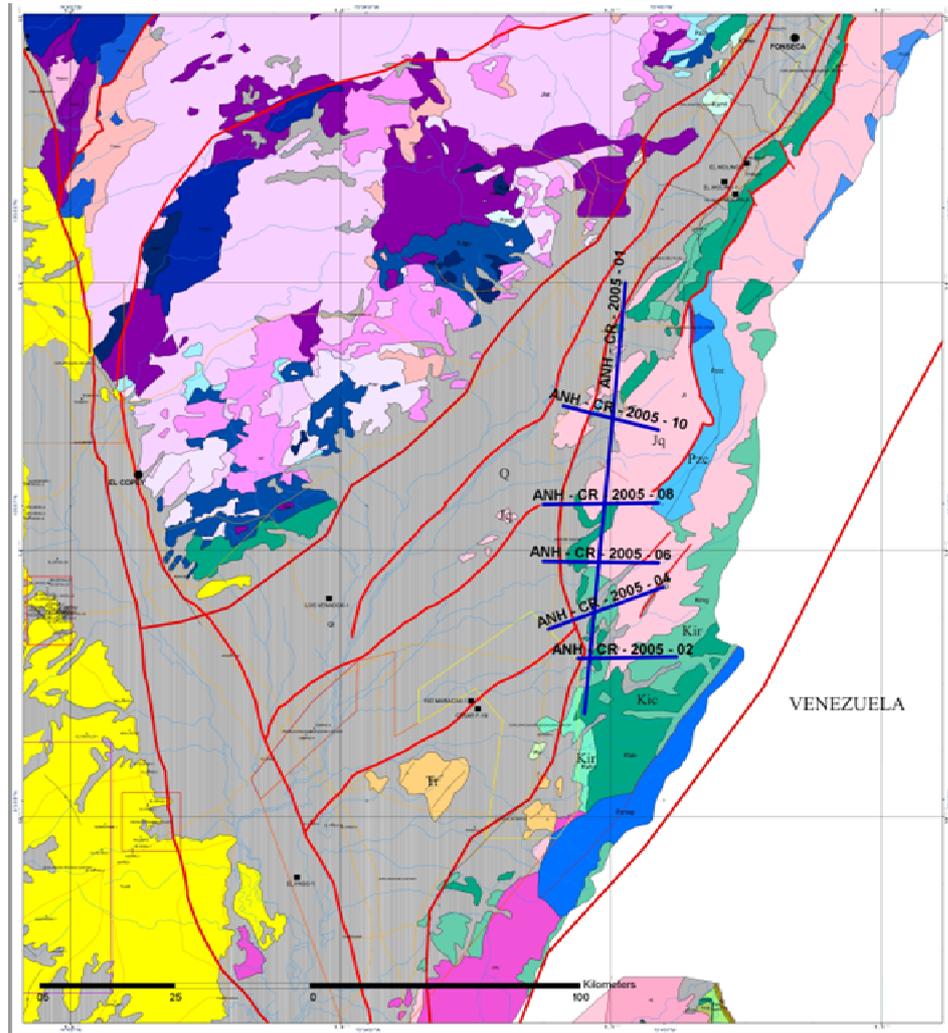


Figura 1.7. Columna general lito-estratigráfica de la cuenca Cesar

INFORME FINAL DE PROCESAMIENTO E INTERPRETACION
PROGRAMA SISMICO CESAR RANCHERIA 2D 2006

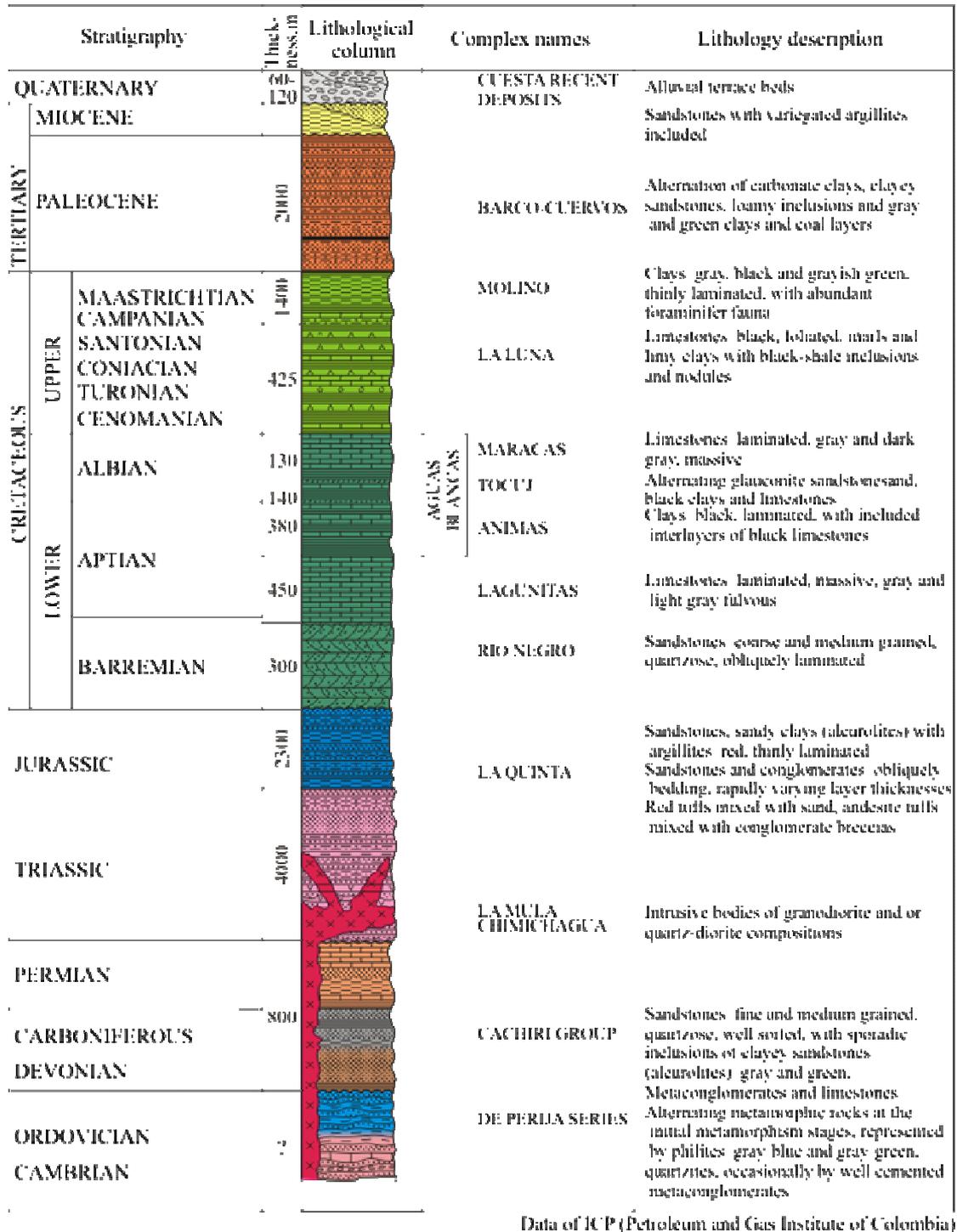


Figura 1.8. Cuenca Cesar: cronología, lito-estratigrafía y secuencia de la estratificación

INFORME FINAL DE PROCESAMIENTO E INTERPRETACION
PROGRAMA SISMICO CESAR RANCHERIA 2D 2006

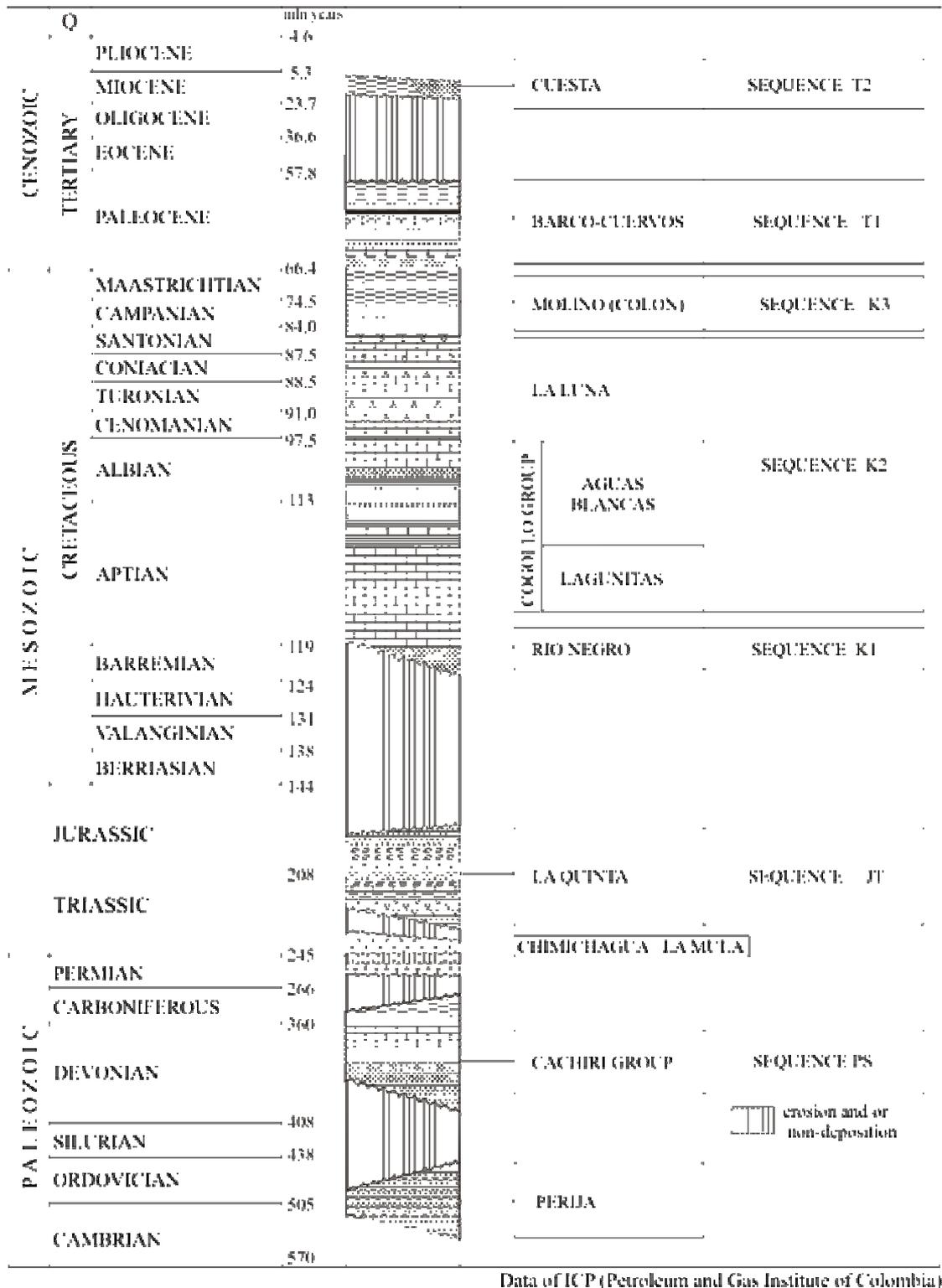


Figura 1.9. Sección en tiempo de las líneas que cubren el proyecto Cesar 2D

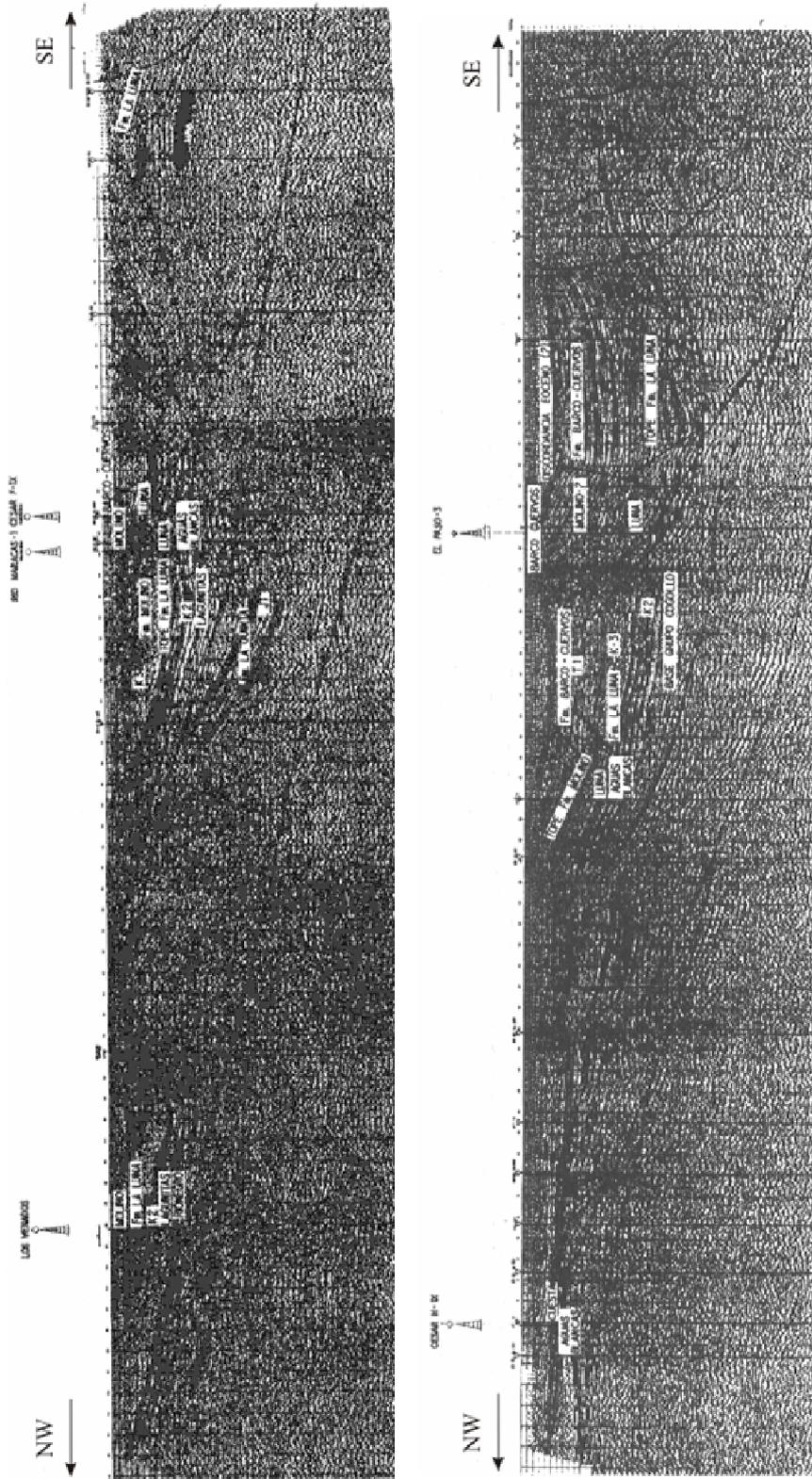


Figura. 1-10 Modelo diagnóstico de la construcción geológica de la zona de articulación de la cuenca intramontana del Cesar y del macizo de la sierra del Perijá

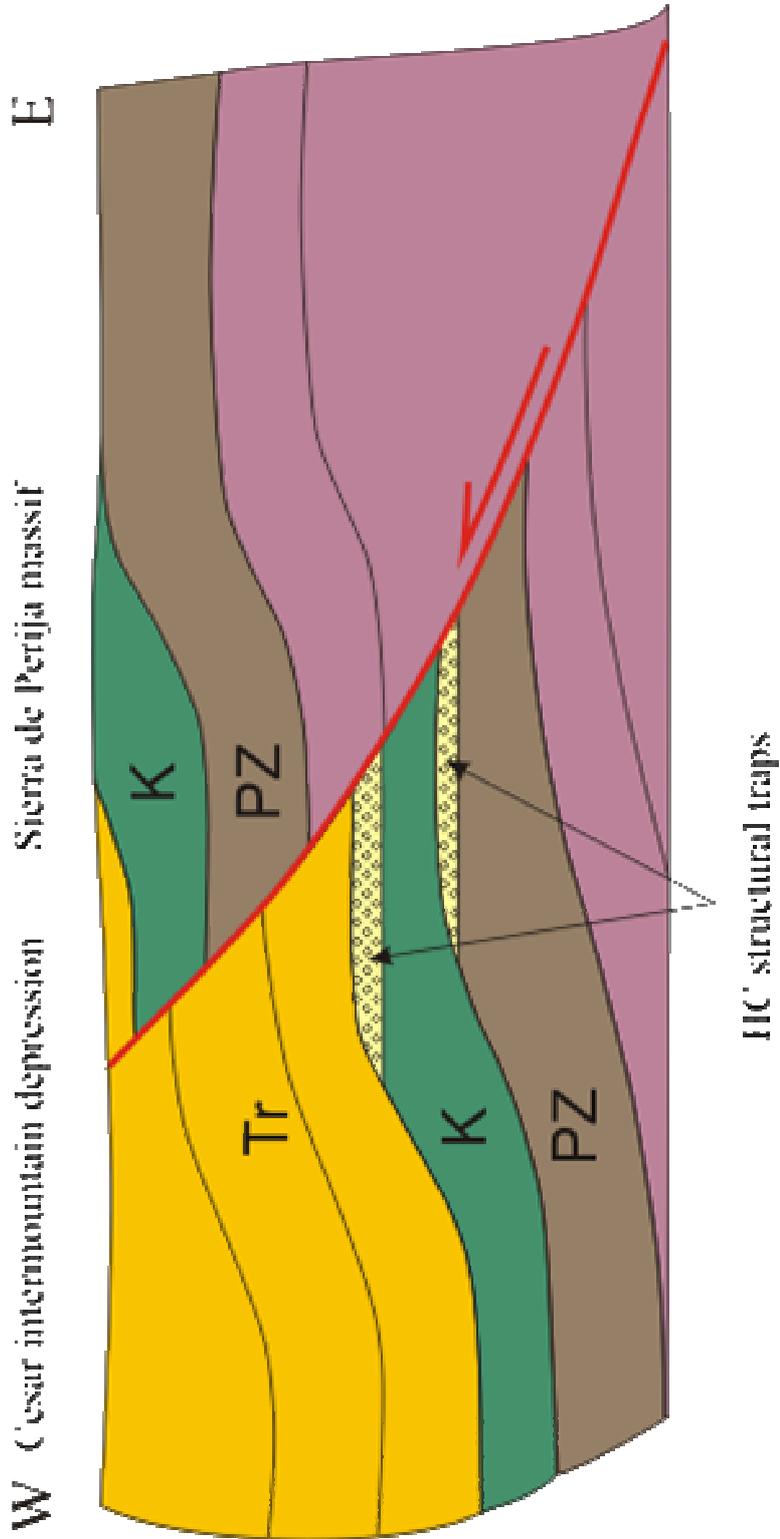


Figura. 1.11 Modelo hipotético de la constitución de la cuenca del Cesar.
Fuente. Cristancho J.H. 2005

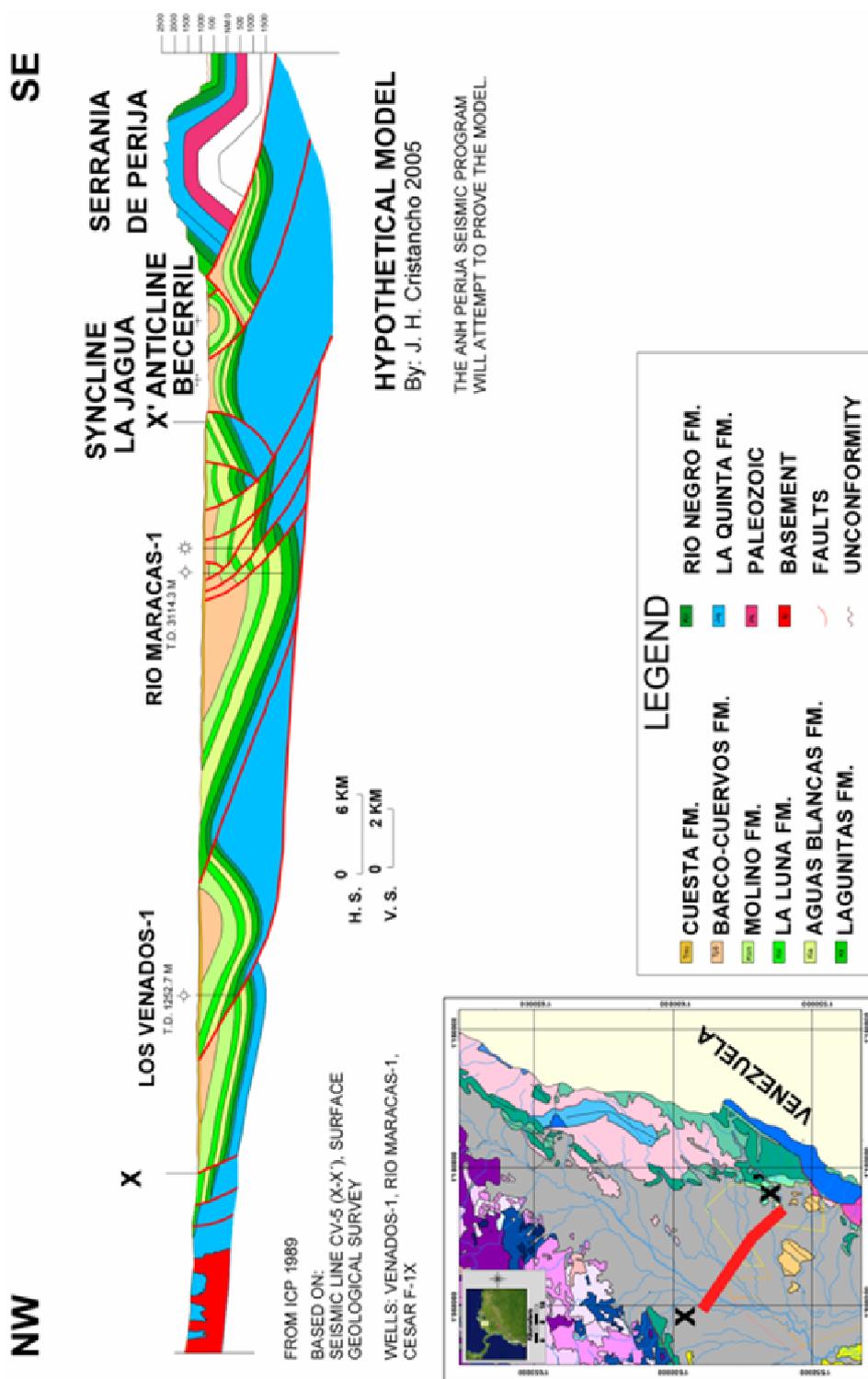


Figura. 1.12 Mapa geológico de la cuenca Cesar Ranchería con el programa de las líneas procesadas ANH-CR-2005-06

2. SECUENCIA DEL PROCESAMIENTO BÁSICO DE LOS DATOS SÍSMICOS

2.1. Característica de la calidad de los registros de campo

La evaluación preliminar de la calidad de los registros de campo se llevó a cabo con base en el control visual de los registros regrabados de todo el conjunto de sismogramas en el monitor del computador (directamente después de su carga al sistema de procesamiento).

En el proceso de control de calidad de los registros de campo se encontró una serie de defectos de tipo técnico acaecidos en el momento de realizar el registro. De estos se relacionan, en primer lugar los siguientes:

- nivel medio de ondas de ruido superficiales y de velocidad media;
- elevado nivel de ruidos aleatorios (*random noise*) en los canales independientes;
- elevación exagerada de la amplitud en los canales cercanos al punto de disparo, en comparación con los canales más distantes en los sismogramas del CDP.

En los sismogramas de campo, en los límites de eliminaciones cercanas, se hallan ruidos subregulares de baja velocidad de tipo superficial, con velocidades aparentes (V^*), que cambian de 300 a 800 m/s. En las trazas medias y alejadas se notan ruidos de velocidad media relacionados, supuestamente, con cambios de ondas con velocidades entre $V^*=1200-2500$ m/s. Se piensa que la presencia de las ondas-ruido de tipo superficial en el registro sísmico se relaciona con su insuficiente supresión por el sistema de recepción.

La gran parte de los ruidos descubiertos se eliminó en la etapa de procesamiento básico y no se tuvo en cuenta como factor de disminución de la calidad de los trabajos de campo. En la etapa de selección de los registros de campo fueron excluidos no más del 5% de la cantidad general de canales. El coeficiente medio de calidad de los registros de campo fue del 0.927.

2.2. Volumen del procesamiento con secuencia básica

El total de datos sometidos a procesamiento básico cubre 218,07 Km. El total de datos sometidos a procesamiento básico cubre 218,07 Km. Ver tabla 3.

Línea	Cantidad CDP	Distancia, metros	Cantidad de disparos
ANH-CR-2005-001	8664 (interval 10 m)	86640 m	2117
ANH-CR-2005-002	2425 (interval 10 m)	24250 m	570
ANH-CR-2005-004	2873 (interval 10 m)	28730 m	667
ANH-CR-2005-006	2715 (interval 10 m)	27150 m	642
ANH-CR-2005-008	2724 (interval 10 m)	27240 m	651
ANH-CR-2005-010	2406 (interval 10 m)	27060 m	562
Total	21807	218070 m	5209

Tabla 3. Estadísticas por línea procesada.

2.3. Programas y Equipos Utilizados

Como unidad central del complejo de dispositivos y programas se utilizó el programa Cluster que consta de 8 paquetes y tiene como sistema operativo la plataforma PC Linux. Cada unidad del Cluster cuenta con dos procesadores Intel Xeon con frecuencia de 3,06 gigahertz, memoria operativa de 2 gigabytes y disco duro de 370 gigabytes. El acceso a la unidad central de cálculo se lleva a cabo a través de un circuito de cables con una capacidad de paso de 1 gigabyte/s y 16 terminales, cada una de las cuales está adecuada con un procesador Intel Pentium 4 de frecuencia de 3,4 gigahertz, memoria operativa de 512 megabytes y disco duro de 120 gigabytes.

El procesamiento de los registros de campo se realizó con ayuda del programa **GeoCluster** (CGG, **Francia**), versión 3100. Este es un programa moderno dentro del sistema de procesamiento e incluye un amplio paquete de módulos de programación para el procesamiento básico de datos sísmicos 2D y 3D. En los módulos se utilizan algoritmos, tanto muy conocidos, como modernos, producidos por los creadores del programa. Además, en el conjunto del sistema entran muchos paquetes interactivos que sirven para organizar las tareas y dirigir los procesos para su realización, asimismo, para analizar los resultados en las diferentes etapas del procesamiento. El programa como tal es muy flexible y permite, combinando módulos independientes en determinado orden, crear la secuencia necesaria, tanto para el procesamiento básico, como para procesos más especializados.

2.4. Parametros de campo (Field information)

Área:	CESAR-RANCHERÍA 2D
Parámetros de registro:	
Tipo de instrumento	SERCEL 408 XL
Intervalo de muestreo	2 ms
Longitud de registro	12 s
Filtros de corte	
BF (Baja frecuencia, NT):	out
AF (alta frecuencia, NT):	208 Hz
Filtro de eliminación de banda:	out
Formato de grabación:	SEG-D 8058 IEEE
Grabado en:	cinta magnética-cartucho DLT
Parámetros del disparo:	
Fuente de energía:	Dinamita
Cantidad acumulada	1 × 39 cargas 2 × 20 cargas 3 × 13 cargas
Carga	5400 g 2700 g 1800 g
Intervalo de Disparo:	40 m
Parámetros de receptores:	
Tipo de Geófono	GS 30CT
Frecuencia	12 Hz
Número de canales	800
Arreglo de la agrupación	En línea
Cantidad en el grupo	6
Tipo de arreglo	Central
Cubrimiento (<i>fold</i>)	200
Distancia entre los centros de los grupos	20 m

2.5. Selección de parámetros de la secuencia de procesamiento

El intervalo de tiempo del objetivo de las reflexiones sísmicas, en el área estudiada, comprende desde la superficie hasta 2 segundos y de 3 a 7 segundos. Con base en esto, todos los posteriores controles de calidad, y de igual forma las conclusiones sobre la efectividad de los datos procesados se darán para este intervalo. En general los registros de campo se consideran de buena calidad. Sin embargo, la señal efectiva de reflexión esta dos veces por encima del nivel del ruido aleatorio (random noise). En el intervalo de reflexiones del objetivo, se manifestaron ondas de ruido, intensas y regulares de velocidad media y superficial, no suficientemente atenuadas en el apilado y las cuales fueron eliminadas en el procesamiento.

Debido a que las propiedades de la capa sedimentaria son particulares para cada caso, si se utilizan iguales condiciones para el disparo y la recepción de datos sísmicos, por lo general, los resultados son diferentes. Con el fin de obtener un óptimo resultado, es decir, el óptimo para un medio geológico concreto, los parámetros de la secuencia de procesamiento se tomaron independientemente para el área en estudio. La secuencia del procesamiento sísmico se halla en la figura 2.1.

Las pruebas de los parámetros fundamentales de la secuencia de procesamiento se realizó en fragmentos de las líneas ANH-CR-2005-004 y ANH-CR-2005-006. Se llevó a cabo la escogencia de los parámetros de los siguientes procesos: recuperación de amplitudes, deconvolución, filtro pasa-bandas, filtración coherente en los sismogramas de los puntos de disparos, eliminación del ruido aleatorio (random noise), migración, etc.

INFORME FINAL DE PROCESAMIENTO E INTERPRETACION
PROGRAMA SISMICO CESAR RANCHERIA 2D 2006

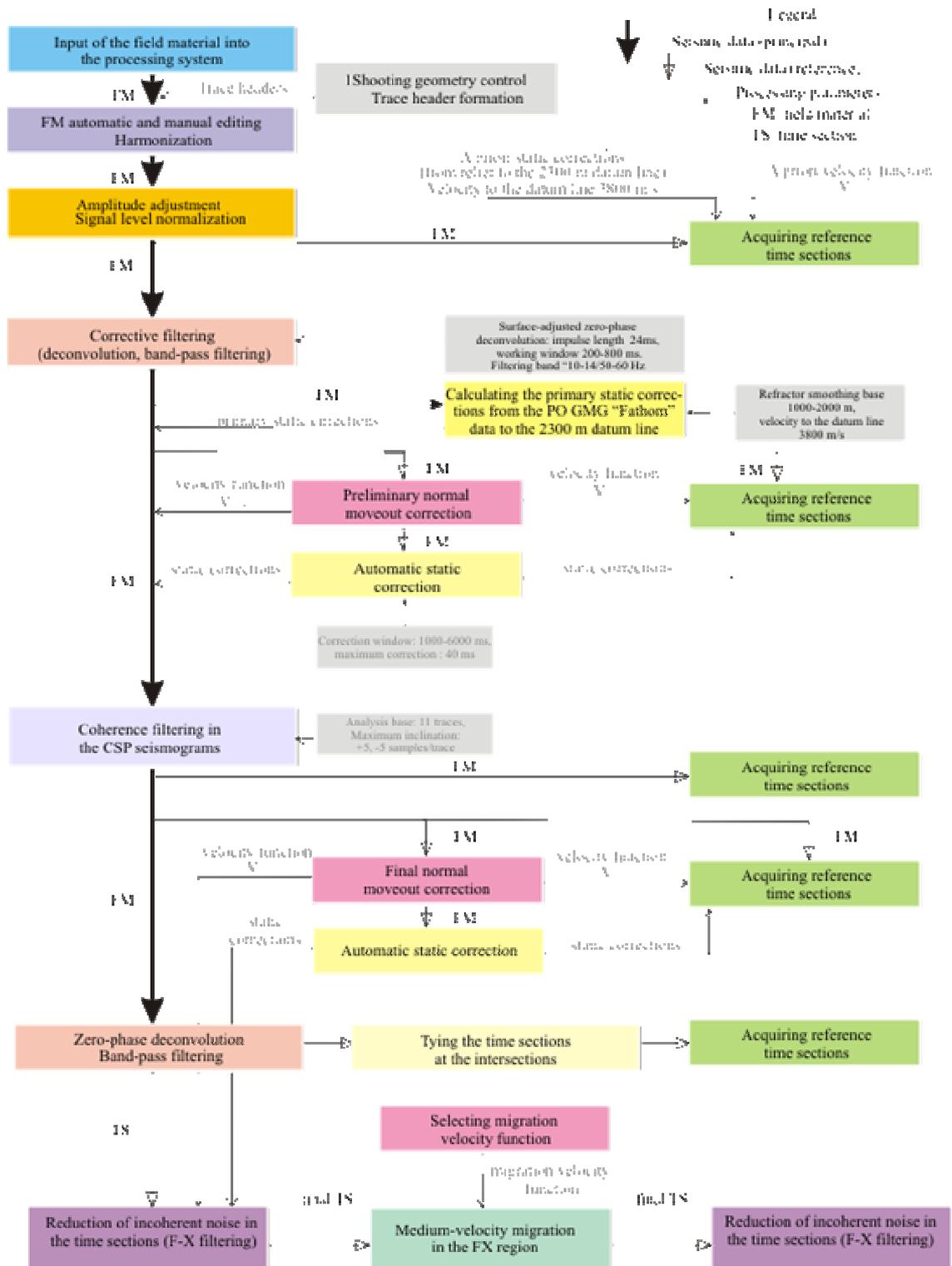


Figura 2.1. Secuencia básica de procesamiento

2.5.1 Primer Cálculo de correcciones estáticas

Las observaciones de campo dirigidas al estudio de la estructura y de los parámetros de velocidad de la parte superior de la sección, con el objeto de definir las correcciones estáticas, no se realizaron para el área investigada. Por esta razón, el estudio del modelo de velocidad para la capa meteorizada se efectuó por medio del programa "Fathom" (GMG, EE.UU.).

Junto con lo anterior, para evaluar la eficiencia del cálculo de las correcciones estáticas a priori, se calcularon las correcciones estáticas por elevación hasta el datum 2300 m con una velocidad de 3800 m/s, la cual fue determinada por los primeros arribos de las ondas directas. El primer de cálculo de las correcciones estáticas a priori para ambas variantes se ilustra en la figura 2.2.

Debido al cambio considerable del relieve (de 100 a 2000 m), el desplazamiento de los sismogramas de las ondas aprovechables con respecto a los tiempos reales de su registro con la introducción de corrección estática conduce al error sistemático en la definición de las velocidades medias y, como resultado, de las de intervalo, por esta razón se realizó la distribución de las correcciones estáticas entre los componentes de alta y baja frecuencia.

En la primera variante las correcciones estáticas se calcularon desde la superficie suavizada de la observación sobre la base, comparada con la longitud de la base de los geófonos hasta la superficie que se encuentra más arriba del relieve. Aunque este modelo de cálculo no tiene en cuenta los posibles cambios de velocidad en la parte superior de la sección, si asegura una distribución de corrección estática más uniforme en comparación con el método del cálculo de corrección estática solamente de la superficie del relieve.

El método considerado anteriormente no puede, en medida suficiente, compensar el efecto de las irregularidades de velocidad en los límites de la base de apilado. De esta forma se tiene en cuenta, sólo, la influencia del relieve. El segundo método esta basado en el análisis de configuración de los contactos de refracción y de las características de velocidad en su superficie (figura 2.2, B). Esto permite compensar, en cierta forma, la alteración local del tiempo de los primeros arribos que pasan por la zona de baja velocidad y la parte superior de la sección en los limites del apilado, es decir, reduce la curva de los tiempos de viaje a la forma hiperbólica "normal" para los CDP en los sismogramas.

Inicialmente, (en la primera versión del procesamiento), por pedido del representante del cliente, durante el cálculo de las correcciones estáticas iniciales (con el método de ondas de refracción) se utilizó el datum flotante de elevación ubicado en las cercanías de la superficie, el

cual representaba la componente de curso de la altitud del relieve. Esto significa que en el material de campo fue introducido solo un corto periodo de las correcciones estáticas iniciales. En tal caso, se propuso llevar la sección en tiempo a un datum constante. Sin embargo, ante tal esquema de calculo e introducción de correcciones estáticas, no es posible calcular ni corregir la alteración en los sismogramas de las ondas productivas provenientes de los contactos profundos, para las cuales, el mayor distanciamiento es de 6000-8000 m, ya que la variación de altitud de los puntos de observación en el intervalo indicado sobrepasa los 2 km, lo que corresponde a la desviación relativa de las trazas elementales en el sismograma de CDP hasta 500 ms. Teniendo en cuenta los esquemas teóricos para garantizar un apilado optimo de las reflexiones de estos contactos, es necesario introducir el componente completo de las correcciones estáticas, hasta la realización del proceso de apilado por los CDP. Para tal efecto, se obtuvo una variante de la sección en de tiempo con la introducción de toda la componente de las correcciones estáticas iniciales, hasta el apilado. Como resultado se tomó la decisión de hacer un nuevo procesamiento de las líneas de esta área, utilizando el último método, indicado anteriormente, de introducción de las correcciones estáticas.

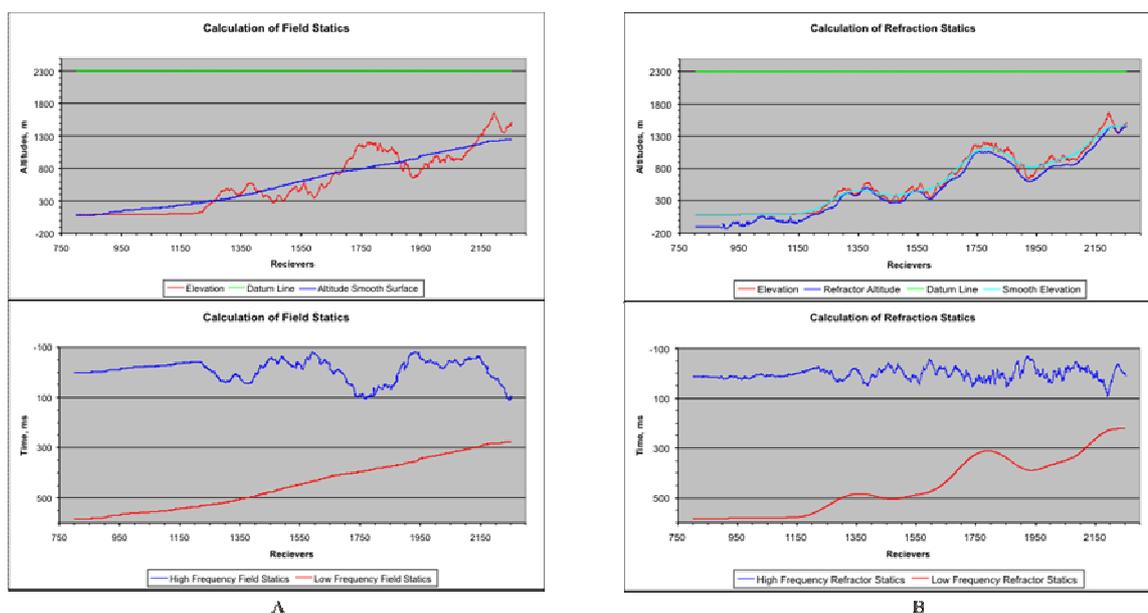


Figura 2.2. Comparación de las variantes de cálculo de las correcciones estáticas iniciales en el ejemplo de la línea ANH-CR-2005-06

Analizaremos un método detallado de cálculo de correcciones estáticas de ondas de refracción

2.5.2 Cálculo de correcciones estáticas por el método de las ondas de refracción con la secuencia de programas Green Mountain "Fathom"

El método del cálculo de correcciones estáticas, en el paquete dado de programas, se fundamenta en el análisis de tiempos de retardo de los primeros arribos de ondas directas.

La sucesión de operaciones durante el trabajo con el paquete "Fathom" se presenta de la siguiente manera:

- Carga de la información acerca de la posición, localización de la sección y elevación de los puntos de registro.
- Picado (a mano o automático – dependiendo de la calidad del material) de los primeros arribos de las ondas directas de uno o varios refractores.
- Definición de los tiempos verticales de retardo con base en uno o varios algoritmos especializados del análisis estadístico.
- Definición del modelo de profundidad y de velocidad de la capa meteorizada con el uso de datos de cálculo y a priori (si los últimos existen).
- Cálculo de correcciones estáticas para cada receptora y cada punto de disparo según el principio "de sustitución de capa".

La premisa necesaria que determina la efectividad de la aplicación de este método es la presencia de la frontera subhorizontal de refracción, sostenida por la lateral en la capa meteorizada y ubicada por debajo de la base de la zona de baja velocidad. Otro factor importante, es también, el nivel de ruidos en la zona de primeros arribos de las ondas directas, que influye en la calidad de su continuidad. En este caso, la calidad de la información de campo inicial en la mayoría de las secciones, permitió asegurar una efectividad lo suficientemente alta de utilización de este método para la corrección de las componentes de períodos corto y mediano (500 - 2000 m) de las correcciones estáticas, y en cierta manera, mejorar la continuidad de los horizontes profundos. Es necesario tener en cuenta que con las ondas (directas) refractadas es imposible determinar la velocidad en la capa que se encuentra por encima del primer refractor. Por lo tanto, debido a la cantidad insuficiente de datos de pozos que aporten información acerca de los parámetros de velocidad de la capa de baja velocidad, así como de la profundidad de los contactos superiores de refracción, se debe ajustar esta velocidad empíricamente, analizando la configuración recibida del refractor-modelo o calculándola por las ondas reflejadas encima del refractor.

En la figura 2.3 se puede ver la comparación de resultados de la aplicación de las correcciones estáticas iniciales, calculadas con datum de elevación flotante – relieve suavizado (A) y con el paquete “Fathom” (B). Desde nuestro punto de vista, las secciones en tiempo, obtenidas con diferentes métodos de cálculo de las correcciones estáticas iniciales, son perfectamente comparables, sin embargo, la variante de aplicación de las correcciones estáticas por las ondas de refracción esta más fundamentada, ya que esta se utiliza el modelo real de velocidad del medio geológico del área.

2.5.3 Procesamiento de registros de campo Creación de archivos, descripción de la geometría y títulos de encabezamientos (*headers*)

La determinación de ukooas (coordenadas x, y, z) de los puntos de disparo y receptoras durante el trabajo de campo se realizó con ayuda del sistema de posicionamiento global (GPS). El significado de las coordenadas topográficas reales y la altitud de los puntos de observación se fijaron en los archivos SPS-files: el archivo R, para las receptoras y el archivo S para los puntos de disparo. El archivo de tipo X (descripción de las conmutaciones de la colocación de la receptora era realizado automáticamente por la unidad central de sísmica durante el registro de campo. Los archivos SPS se consideran la descripción estándar internacionalmente adoptada para la geometría de exploración sísmica de campo.

Después de cargar los registros de campo de las cintas magnetofónicas los encabezamientos (*headers*) de las trazas, se introdujeron todos los parámetros necesarios para el posterior procesamiento: las ukooas de localización de las estaciones receptoras y de los puntos disparos, los números de geófonos, los CDP, edición, etc.

2.5.4 Edición automática de los registros de campo

Durante el procesamiento básico se utilizó el algoritmo de la edición automática, el filtro mediano, que se basa en la definición de las diferencias en el nivel medio y en el carácter de atenuación de las amplitudes de acuerdo al tiempo, con base en algunas lecturas comparadas con lecturas restantes en la traza. Si las diferencias indicadas superan los umbrales dados por el usuario, tal lectura se cambia por el valor medio. La edición a mano se cumplió con el objeto de excluir los defectos, no revelados por unas u otras razones en la etapa de edición automática.

2.5.5 Recuperación de amplitudes

Se sabe que la parte superior de la sección tiene una propiedad fuerte de absorción. Por lo tanto la amplitud de la señal se extingue a medida que se aleja de la fuente. El carácter de la extinción depende tanto de la potencia de la fuente de disparo , como de las propiedades acústicas de las rocas de la capa sedimentaria.

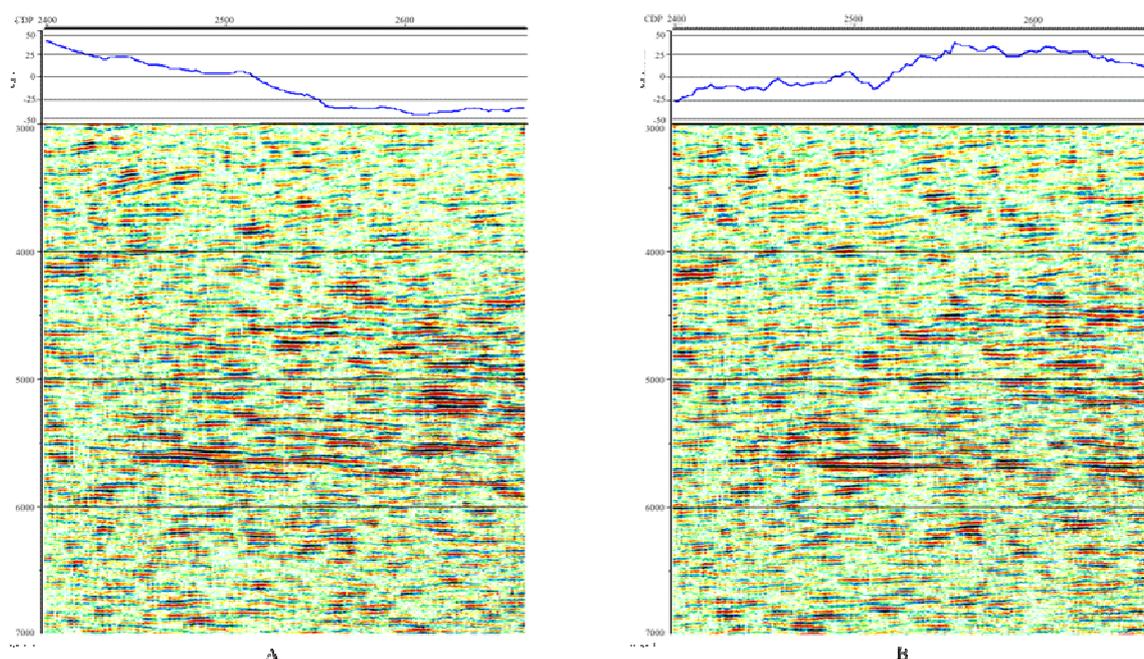


Figura 2.3. Comparación de las variantes de aplicación de las correcciones estáticas iniciales en el ejemplo de los fragmentos de las secciones en tiempo de la línea NH-CR-2005-06

Éste se puede obtener como dependencia exponencial o hiperbólica, y también por la combinación de éstas [3]. Por la variabilidad natural de las propiedades acústicas de la capa sedimentaria, es imposible establecer la dependencia particular de la absorción para un amplio espacio del ambiente geológico. Debido a esto, la compensación de las amplitudes se realiza en el régimen automático para cada traza o en forma de función general promedio para todo el conjunto de datos sísmicos [6].

Para la elección del algoritmo de recuperación fueron obtenidos los registros de campo, tanto con la compensación de amplitudes por las leyes exponenciales e hiperbólicas, como por el método de la amplificación automática. En la figura 2.4 se compara el registro de campo con los resultados de la recuperación de amplitudes de acuerdo con la ley exponencial (módulo REFOR) (figura 2.4, B) y de acuerdo con la ley hiperbólica (módulo SDICO) (figura 2.4, C). El

primer tipo de función de restitución esta orientado a la compensación de la atenuación "normal" de las amplitudes con la profundidad, el segundo, a la pérdida de energía por cuenta de la divergencia esférica del frente de onda. Analizando el patrón de onda de los sismogramas, se debe señalar, que estos métodos no permiten reforzar uniformemente la amplitud de las reflexiones por toda la longitud de la traza, lo que lleva a la pérdida parcial de la continuidad de los contactos acústicos. En la figura 2.5 se muestra la comparación de los registros de campo con los métodos automáticos de compensación de la atenuación: la amplificación automática del nivel de la grabación en la ventana deslizante (módulo DYNQU) (figura 2.5, E) y la regulación automática de las amplitudes en la ventana única (módulo RECOV) (Figura 2.5, F). Examinando los datos del sismograma, se debe dar preferencia al método de regulación automática de la amplitud en la ventana única, puesto que la magnitud de la intensidad de las ondas reflejadas, correspondientes a diferentes niveles geológicos, difiere en el sismograma y el nivel de registro de la traza cambia más suavemente.

Fue escogido el algoritmo utilizado en el módulo DYNQU como método óptimo de control de la amplificación.

2.5.6 Deconvolución

Los problemas geológicos planteados exigían la posibilidad de identificar las reflexiones individuales en las zonas, donde se encuentran capas delgadas y de acuífero. Para lograrlo fue necesario reducir la duración del impulso sísmico. Con ese objetivo se aplicó la deconvolución (o filtración inversa), para garantizar el emparejamiento del espectro de amplitudes (principalmente en el área de frecuencias elevadas) y como consecuencia, el aumento de la capacidad de resolución del registro.

Es conocido que con el aumento de la capacidad de resolución de la señal, en cierta medida se empeora la relación señal-ruido y la calidad de la continuidad de las reflexiones. El nivel de enmudecimiento que determina la "rigidez" de la deconvolución se eligió de forma que los dos factores mencionados se balancearan [7].

A petición del representante del Cliente, el análisis se inició con la elección del tipo de deconvolución. En el paquete de programas fueron realizados 3 algoritmos de deconvolución completamente diferentes. Para comparar los tipos de deconvolución se utilizó un "alto" nivel de enmudecimiento (del orden de 80%) y se aplicó un filtro pasa-bandas de 10-90 hz. En la figura 2.6 se comparan los fragmentos del apilado en tiempo con los siguientes tipos de deconvolución: con regulación de la amplificación en la ventana deslizante (módulo DYNQU)

(figura 2.6, A), con fase mínima de impulso (módulo DECON) (figura 2.6 B) y con amplitud de fase-cero (módulo TVDEF) (figura 2.6, C).

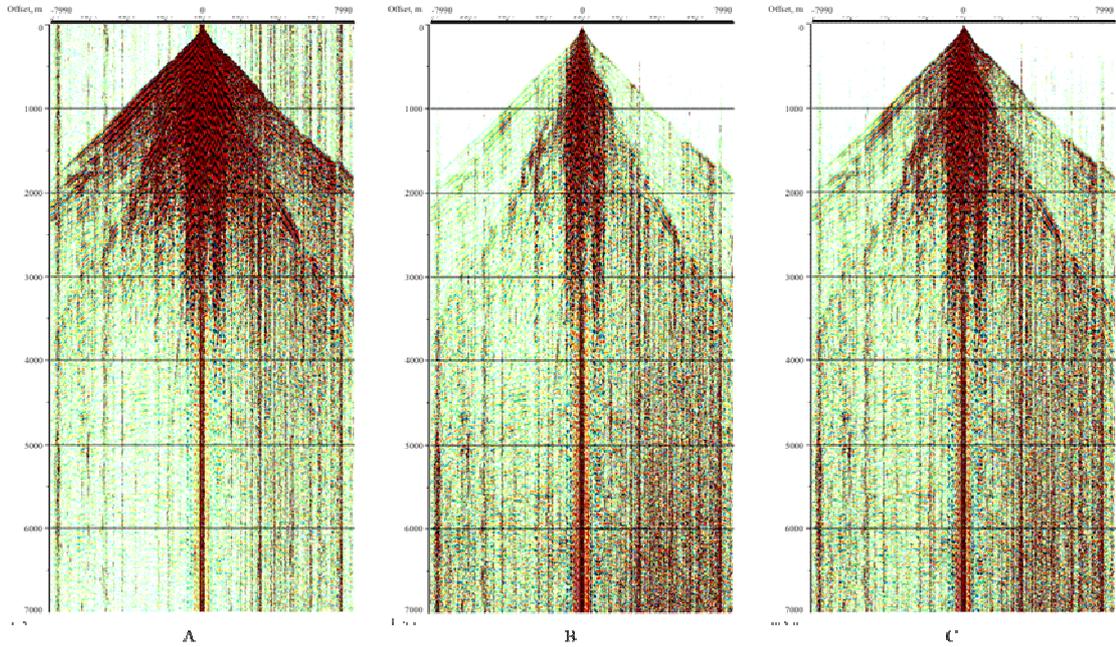


Figura 2.4. Comparación de resultados de la regulación de amplitudes en el ejemplo del sismograma del punto común de disparo N° 1277 de la línea ANH-CR-2005-04

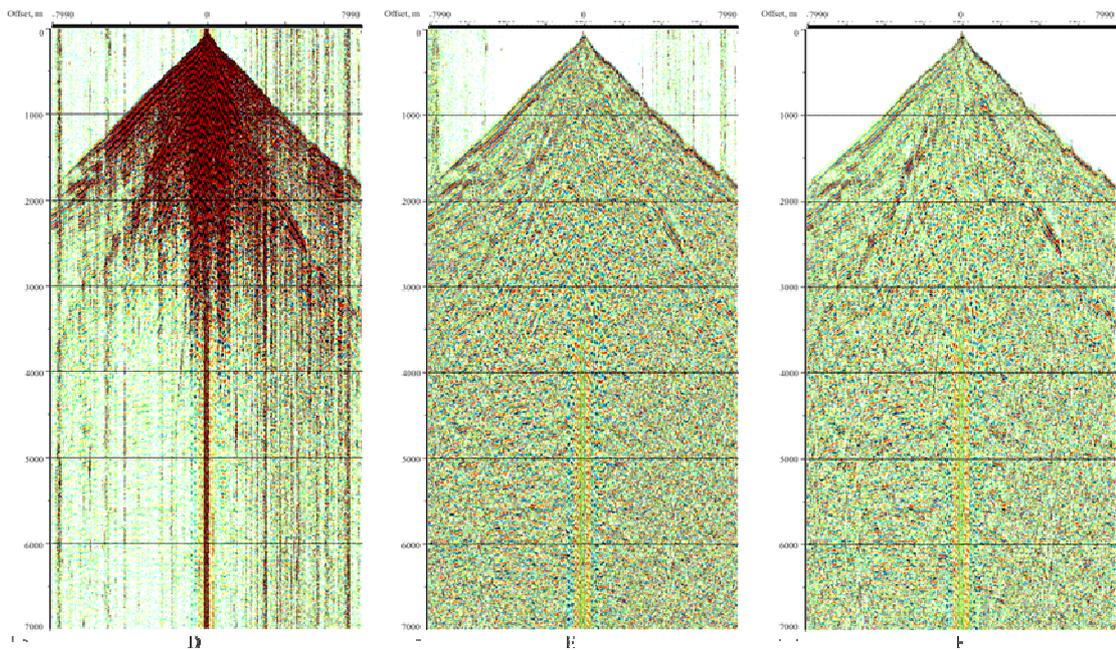


Figura 2.5. Comparación de resultados de la regulación de amplitudes en el ejemplo del sismograma del punto común de disparo N° 1277 de la línea ANH-CR-2005-04

A petición del representante del Cliente, el análisis se inició con la elección del tipo de deconvolución. En el paquete de programas fueron realizados 3 algoritmos de deconvolución completamente diferentes. Para comparar los tipos de deconvolución se utilizó un “alto” nivel de enmudecimiento (del orden de 80%) y se aplicó un filtro pasa-bandas de 10-90 hz. En la figura 2.6 se comparan los fragmentos del apilado en tiempo con los siguientes tipos de deconvolución: con regulación de la amplificación en la ventana deslizante (módulo DYNQU) (figura 2.6, A), con fase mínima de impulso (módulo DECON) (figura 2.6 B) y con amplitud de fase-cero (módulo TVDEF) (figura 2.6, C).

En la figura 2.7 se comparan los fragmentos del apilado en tiempo, sólo con control de la amplificación de la ventana deslizante, y de igual forma, con “parámetros promedio” de los tipos de deconvolución de fase-mínima adaptada superficialmente (módulo DECSC) (figura 2.7, B) y con amplitud de fase-cero (figura 2.7, C).

En la etapa de prueba de los tipos de deconvolución se realizó el análisis cuantitativo y espectral de sus resultados. De acuerdo a los resultados cuantitativos para los intervalos del objetivo, superior (ventana W_1) e inferior (ventana W_2), el significado más alto de resolución del impulso sísmico y su capacidad de resolución característica del registro sísmico corresponde a la deconvolución realizada en el módulo DECON. Al mismo tiempo el tipo de deconvolución indicado corresponde a la disminución de la magnitud de la relación señal-ruido en las mismas ventanas de análisis, que en la variante A, lo que se confirma con la pérdida parcial de la continuidad de los horizontes objetivo. En las características de amplitud y frecuencia para todos los cuatro tipos de deconvolución, una ampliación significativa del espectro de la señal no se observa. En el registro sísmico de los fragmentos de las secciones en tiempo, obtenidos, tanto después de la deconvolución, realizados en el módulo TVDEF, como en el módulo DECON, se aprecian intensos ruidos de alta frecuencia y ocasionalmente impulsos de alta amplitud, lo que atestigua la poca efectividad del trabajo de los algoritmos señalados.

Analizando las estimaciones cuantitativas calculadas con las variantes de deconvolución realizadas en el módulo DECSC, se debe tener en cuenta que la deconvolución superficial de fase cero corresponde al significado más alto de la relación señal-ruido y a la capacidad de resolución de las características del registro sísmico. Esto se confirma con el campo ondulatorio del registro sísmico: el mínimo ruido aleatorio y el mejoramiento de la continuidad de las ondas del objetivo corresponden al tipo indicado de deconvolución

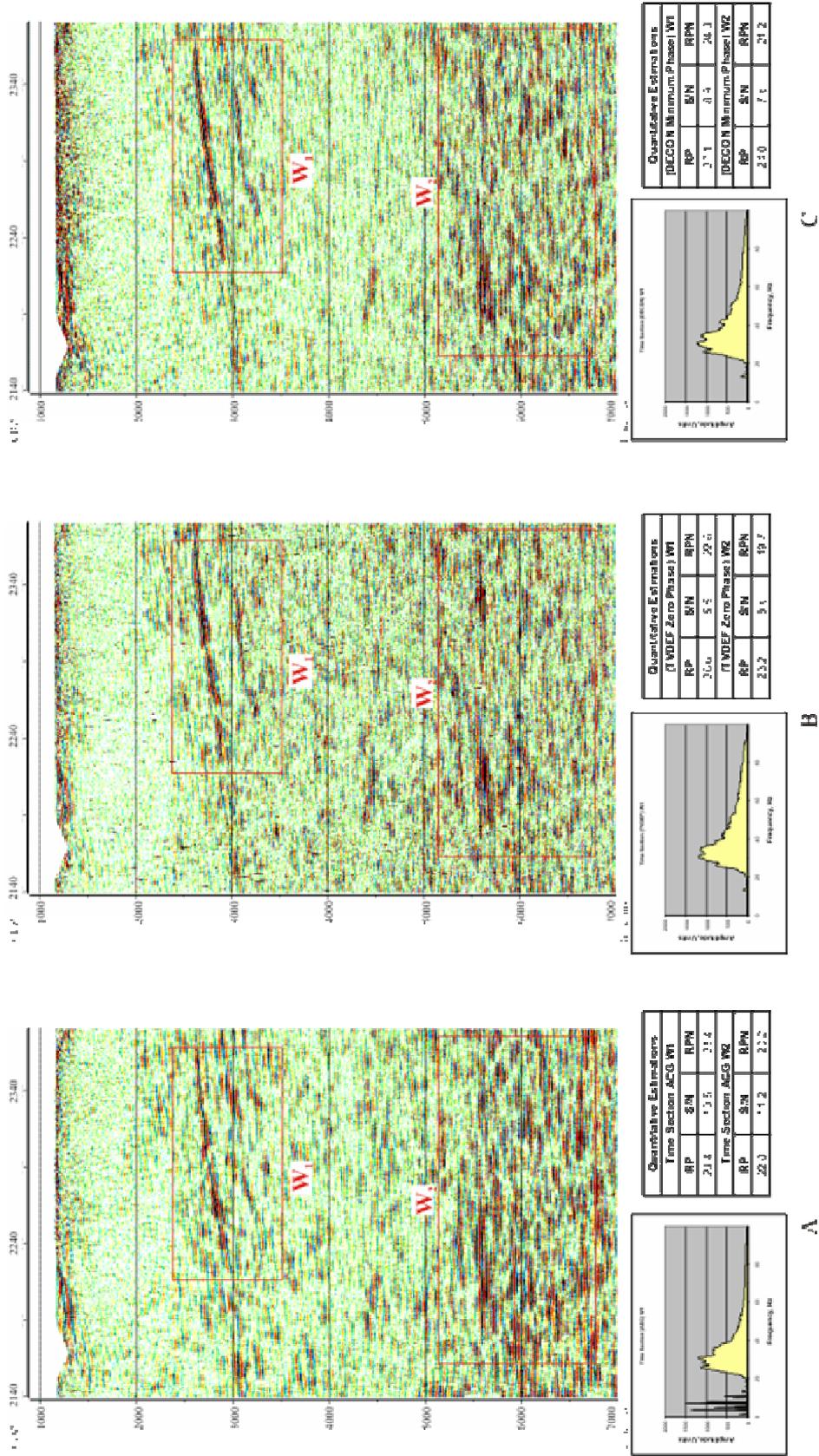


Figura 2.6. Comparación de los tipos de deconvolución en el ejemplo de la línea ANH-CR-2005-06 (OGT 2130-2370)

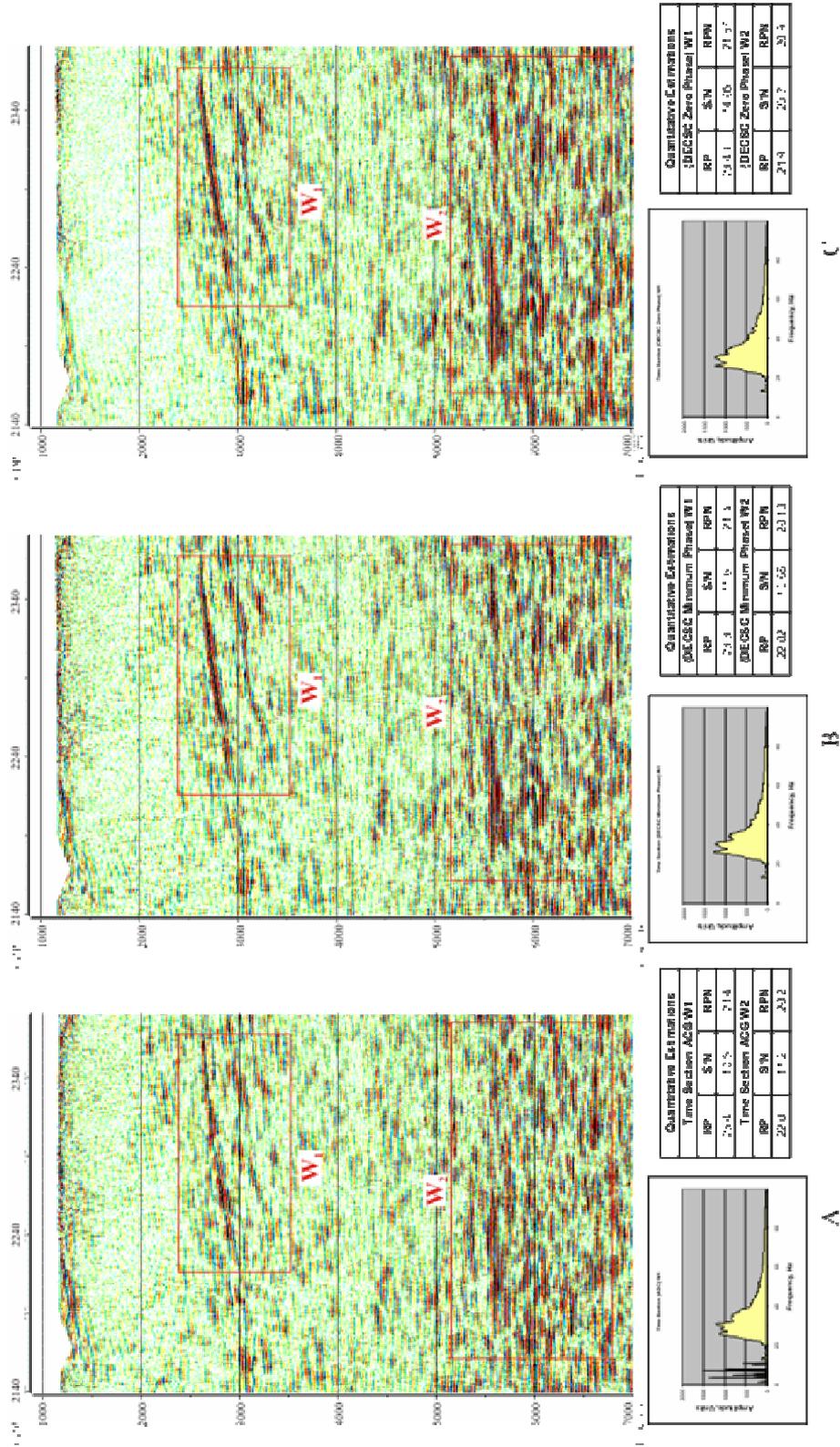


Figura 2.7. Comparación de los tipos de deconvolución en el ejemplo de la línea ANH-CR-2005-06 (OGT 2130-2370)

Debido a que los trabajos de campo se llevaron a cabo con dinamita y teniendo en cuenta las bases teóricas, era lógico escoger la deconvolución de impulso de fase mínima. Sin embargo, el representante del cliente insistió en la utilización de la deconvolución superficial acorde, cuyo algoritmo se realiza con el módulo DECSC (figura 2.7, C)

En seguida se procedió a escoger el nivel de enmudecimiento. El nivel de "rigidez" de la deconvolución, realizada en el módulo DECSC, se define con el significado de la longitud del impulso elemental en la salida del proceso y corresponde a la frecuencia media en el espectro de la señal después de la deconvolución. En la figura 2.8 se encuentran los fragmentos de la sección en tiempo con longitud de impulso de 4 ms (A), 8 ms (B) 16 ms (C), 24 ms (D). Teniendo en cuenta las condiciones geológicas del área (plataforma articulada y geosinclinal) se hacia necesario subir la resolución del registro sísmico de reflexión del intervalo de tiempo superior del objetivo sin la pérdida del seguimiento del intervalo de tiempo inferior del objetivo.

De acuerdo a las variantes de "rigidez" de la deconvolución, el mayor efecto (aumento de la continuidad) se experimenta en la reflexión del intervalo superior del objetivo al aumentar la longitud del impulso elemental.

En el curso de las pruebas se escogió el nivel ideal de "rigidez" de la deconvolución superficial coordinada, la cual correspondía a la longitud del impulso elemental de 24 ms.

Las pruebas de deconvolucion finalizaron con la escogencia de los filtros de suavizamiento para ser usados por un operador base. El procedimiento analizado permitió balancear el espectro de las trazas iniciales de acuerdo con los siguientes criterios: punto de recepción, punto de disparo, clase de supresión, puntos de CDP y promedio de todos los filtros. En la figura 2.9 se encuentran los fragmentos de las secciones en tiempo, después de la deconvolución, con los filtros de suavizado de acuerdo con el criterio del punto de recepción y de disparo (A), de acuerdo con la clase de alejamiento del punto de CDP (B), y de igual forma, de acuerdo con la clase de alejamiento, y filtro promedio (C). Al escoger la primera variante de los filtros de suavizamiento, en las secciones en tiempo, se observó una disminución indeseable de la intensidad de la reflexión. El análisis del campo ondulatorio de la tercera variante de los filtros de suavizamiento, permite hacer la conclusión de que la intensidad de las reflexiones superiores disminuyó en comparación con la segunda variante.

Ya que no se logró una resolución unánime sobre la efectividad de uno u otro filtro, se escogieron todos los filtros indicados en calidad de filtros óptimos de coordinación de la deconvolución.

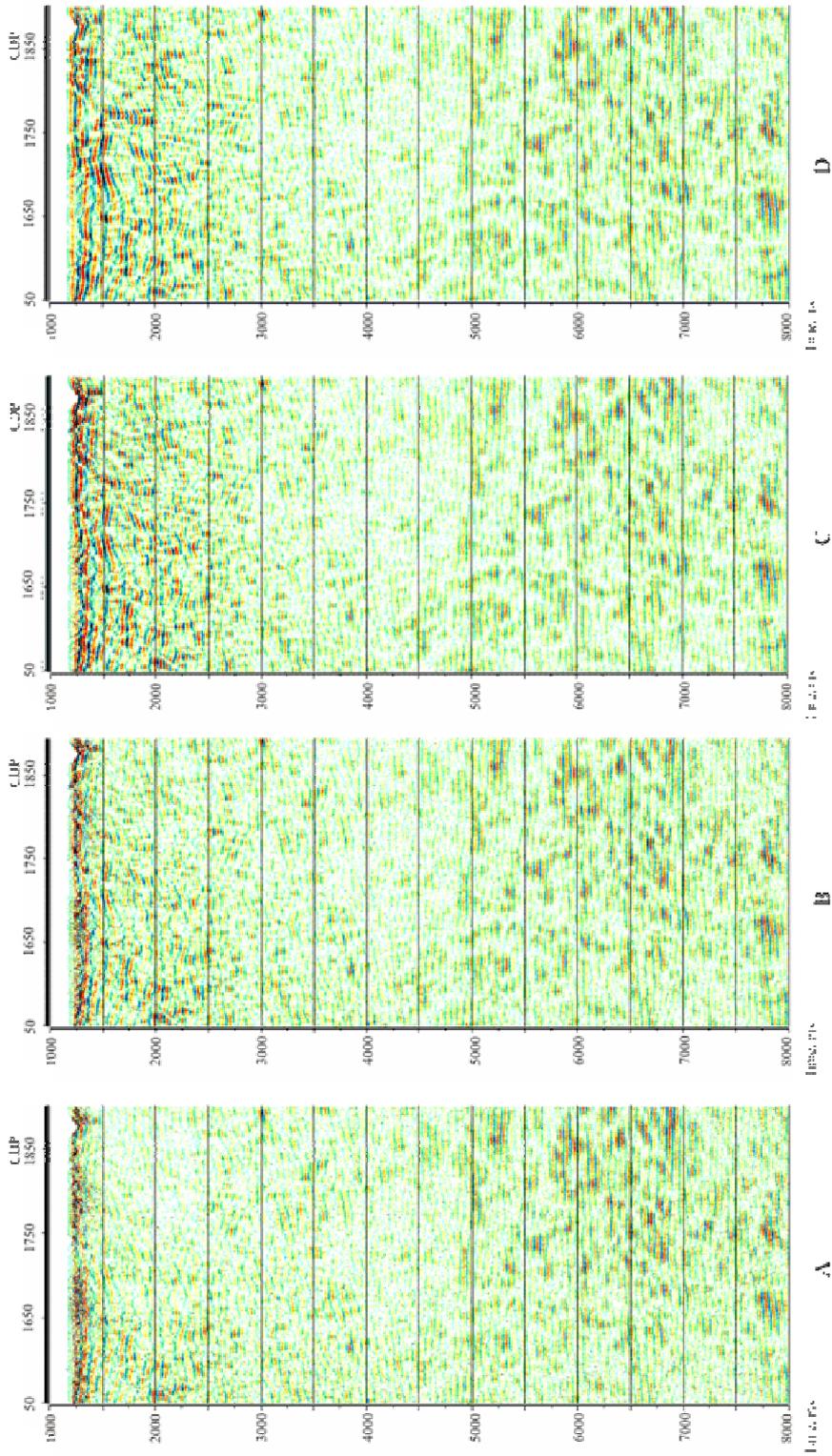


Figura 2.8. Comparación de los resultados de los análisis de las pruebas de los parámetros básicos de deconvolución de los impulsos (longitud del operador) en el ejemplo de la línea ANH-CR-2005-04.

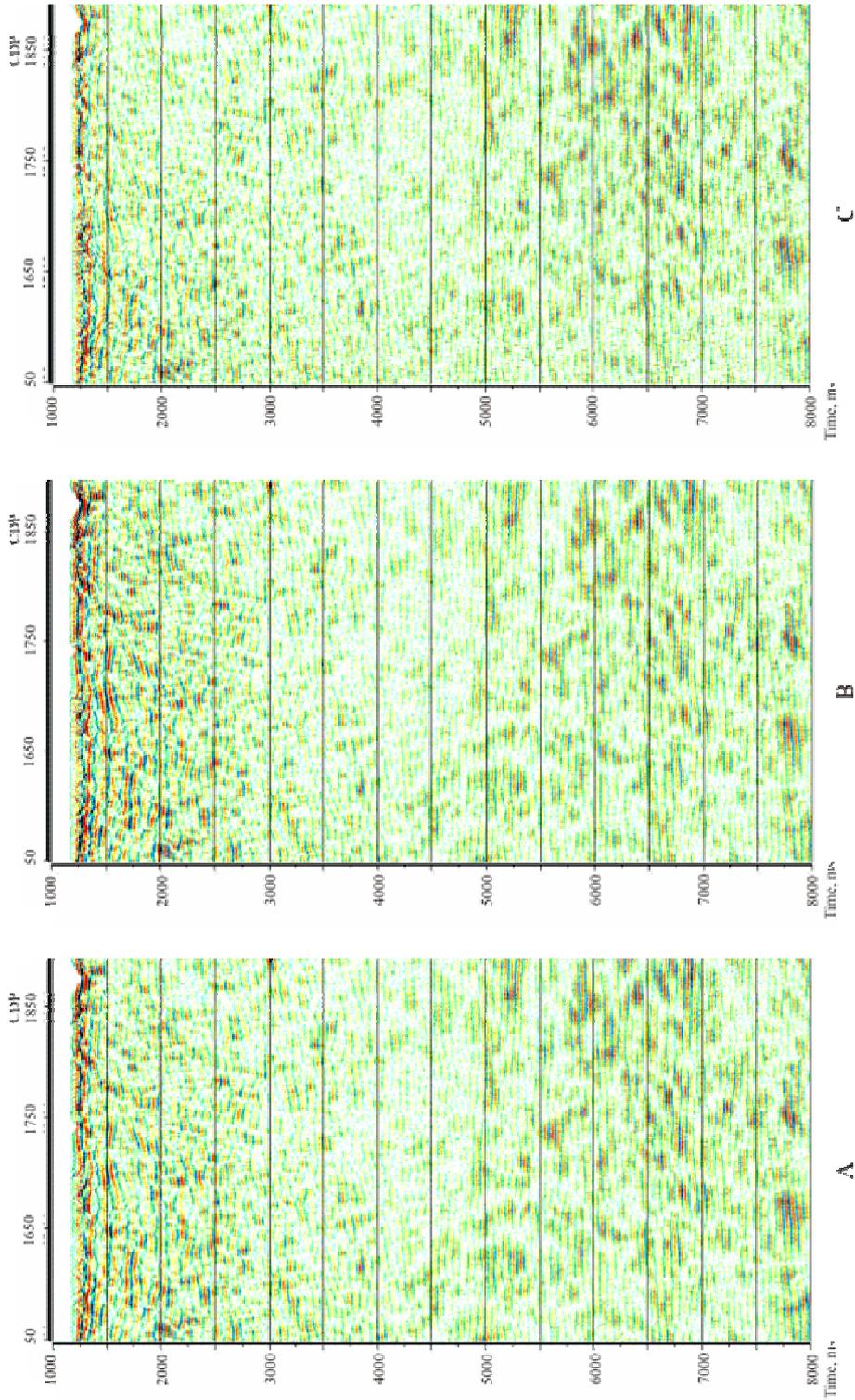


Figura 2.9. Comparación de las pruebas del empare de los filtros ajustados a la superficie de deconvolución para la sección en tiempo de la línea ANH-CR-2005-04

2.5.7 Filtro pasabanda

El filtro pasabanda se aplicó con el fin de eliminar del registro los ruidos aleatorios y regulares que se encontraban fuera del intervalo de la señal productiva y relacionados con ondas de ruido superficiales intensivas de baja frecuencia y con ondas de velocidad media de intervalo 5-10 hertz, de igual forma, con ruidos de alta frecuencia, del orden de 60-90 hz (de carácter tecnológico, microsísmico). El filtro de pasa-banda se escogió antes del procesamiento por medio de pruebas en los fragmentos de las secciones en tiempo. En la figura 2.10 se encuentran los resultados de las pruebas del intervalo de frecuencias.

Fue escogido el filtro pasa-bandas 10/14-50/60 hz como el optimo.

2.5.8 Evaluación de la Eficiencia de los filtros correctivos

Para llevar a cabo la evaluación de la eficiencia de los filtros correctivos en los datos sísmicos, se realizó un análisis cuantitativo en la línea ANH-CR-2005-006. En la figura 2.11 se encuentra la comparación de fragmentos de la sección en tiempo con los cálculos cuantitativos calculados en las ventanas W_1 y W_2 , que cobijan las reflexiones del objetivo, antes (A) y después (B) de la aplicación de la filtración correctiva (B).

A juzgar por el significado de la resolución del impulso sísmico, y de igual forma por la relación señal/ruido se debe notar que el filtro correctivo permitió ampliar el espectro de la señal inicial entre 5-10% al mismo tiempo, la relación señal/ruido aumentó en 15% (Signal/Noise – «S/N») y la resolución del registro en 10% (Resolution – «RP»).

2.5.9 Filtración coherente de los registros

La filtración coherente fue el procedimiento final en el procesamiento de los registros de campo, utilizada para lograr el aumento de la relación señal/ruido, y de igual forma, para la atenuación de las ondas de ruido coherente de velocidad media.

Se dijo anteriormente que, las ondas superficiales y de cambio se consideran ondas de ruido coherente en el área estudiada, cuya presencia se relaciona, posiblemente, con particularidades de la sismo-geología de la parte superior de la saección, presencia de roca dura y de contacto “rígido” de reflexión. La velocidad aparente (V^*) de estas ondas corresponde de 300 hasta 800 y de 1200 hasta 2500 m/s correspondientemente.

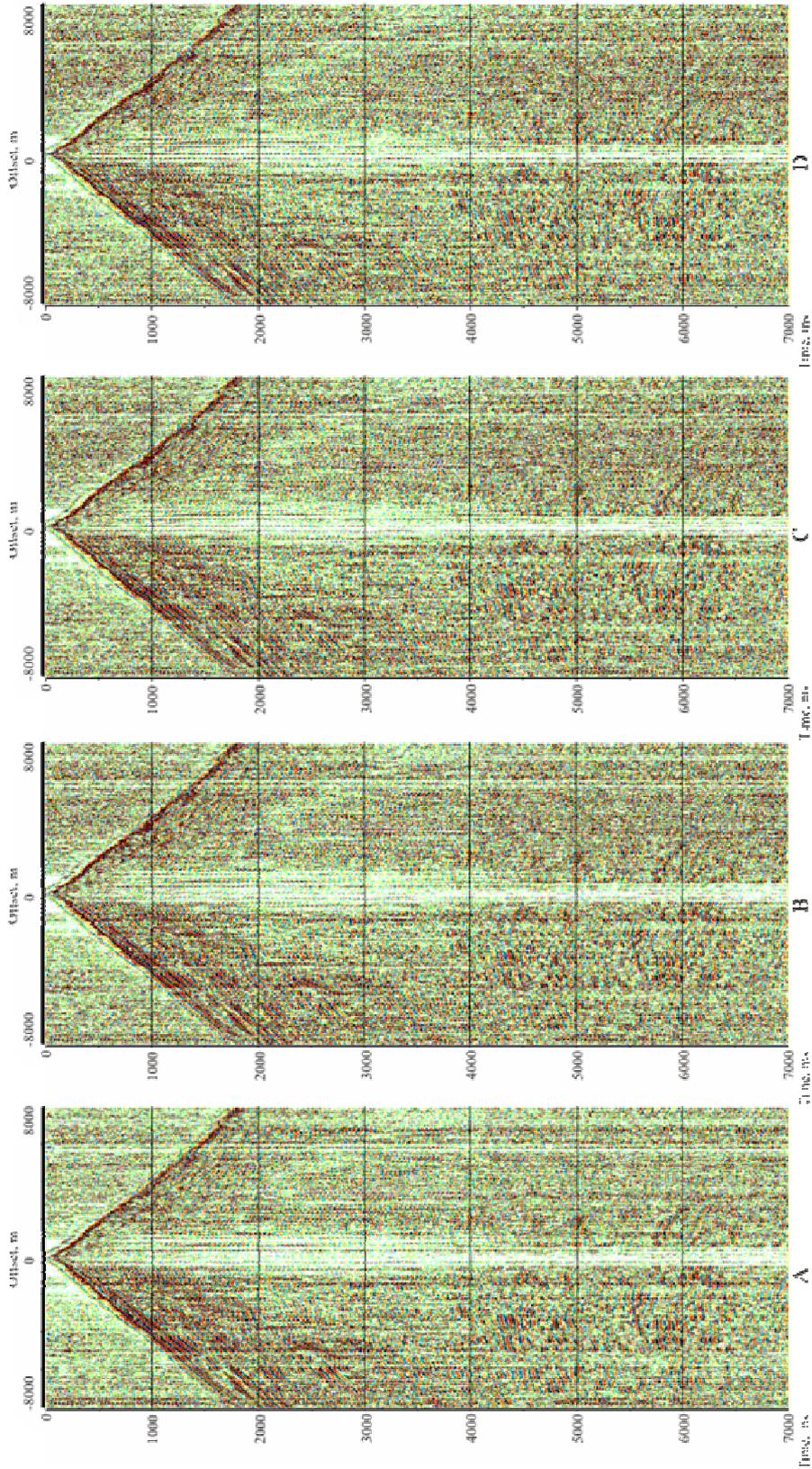


Figura 2.10 Comparación de los resultados de los filtrados pasa banda para el ejemplo de los sismogramas de los puntos de disparo 1277 de la línea ANH-CR-2005-04

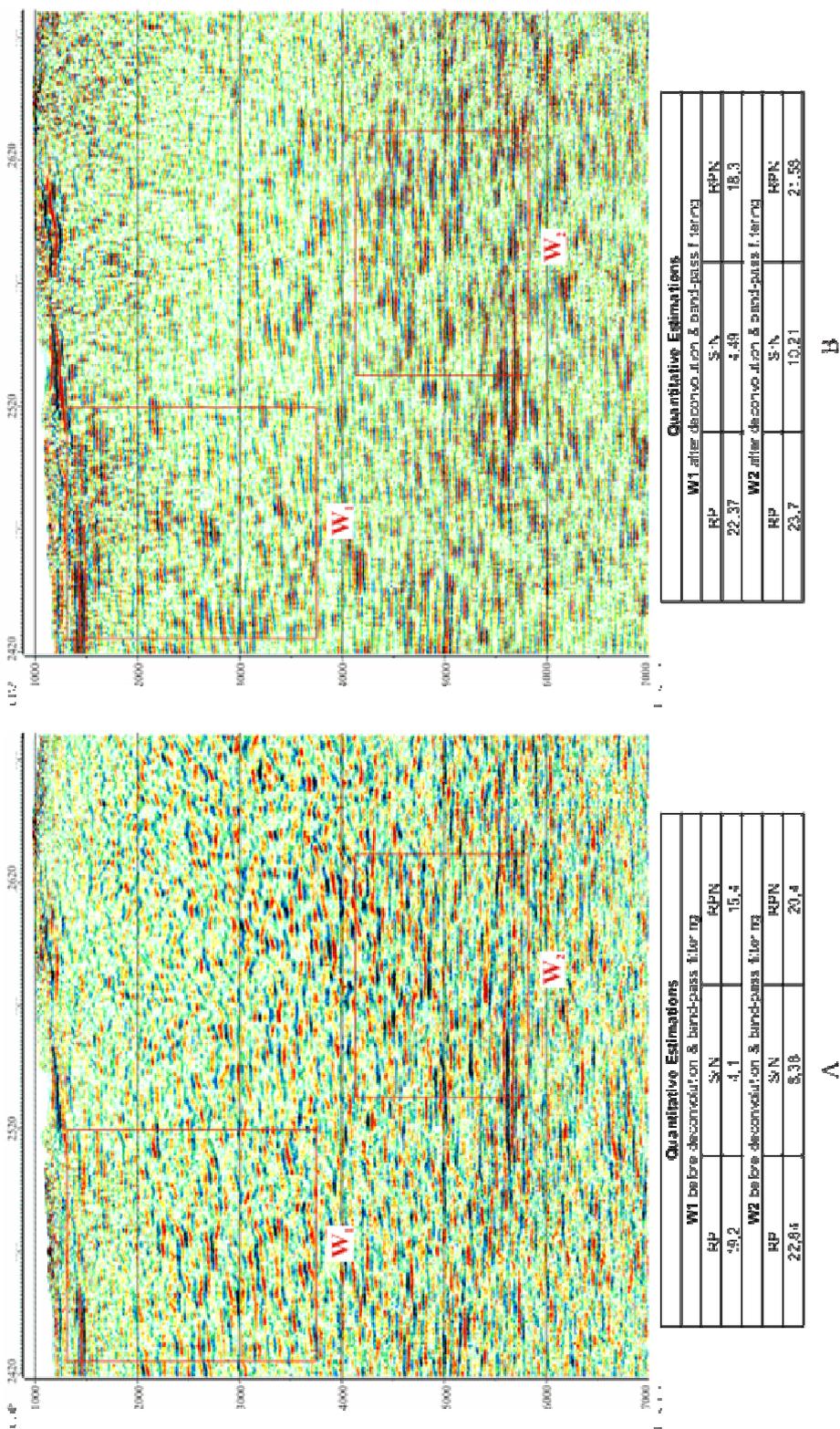


Figura 2.11 Eficiencia del filtrado correctivo para el ejemplo de la línea ANH-CR-2005-06. Fragmentos de secciones en tiempo y cantidades estimadas calculadas para las ventanas W1 y W2.

La intensidad de los ruidos indicados en el material de campo inicial no es muy alta. El tipo de ruido dado se observó en la sección en tiempo en forma de eventos inclinados y no prolongados en la parte superior del campo ondulatorio y provocó una disminución no significativa de la relación señal/ruido.

Como consecuencia, de que durante el registro de la señal en el territorio estudiado, se aplicó el agrupamiento de geófonos, el sistema de interferencia del receptor suprimió de forma satisfactoria, solamente las ondas de ruido de baja frecuencia (superficiales). Por otro lado, las condiciones sismo-geológicas de la región: reflexión del intervalo inferior del objetivo, tenían una estructura en bloque, y sus inclinaciones superaron los 30-40 grados, no permitieron utilizar el procedimiento del filtro FK para la supresión de las ondas de ruido con $V^* = 1200 - 2500$ m/s.

De acuerdo con lo anterior para atenuar las ondas de ruido indicadas e igualmente, para la disminución, en general, del ruido de fondo aleatorio y el aumento general de la coherencia de los registros efectivos en los intervalos del objetivo se empleó la filtración coherente.

Durante la aplicación del proceso indicado de todos modos, se forma un modelo. Durante la creación del modelo, con base en la selección del abanico de direcciones (en el intervalo dado) y bajo el criterio de maximización de la función de coherencia, se tienen en cuenta los buzamientos dominantes de los eventos de las ondas productivas, en esta sección. La traza resultante se considera la suma del modelo calculado y de la traza original elemental (con la definición del coeficiente de peso), perteneciente al centro de la base. La suma de la traza entrante se realiza con el objeto de orientar la "rigidez" del proceso, para no permitir el exceso de regulación del registro ni la alteración de sus características dinámicas.

Para este caso se utilizó un modelo igual a 11 trazas. La inclinación máxima, al analizar los contactos de reflexión, constituyó ± 6 ms/traza y fue escogido de acuerdo al modelo geológico (geometría del contacto).

La efectividad de la aplicación del procedimiento indicado se puede ver en la figura 2.12. En la figura se comparan los fragmentos del corte en la escala de tiempo antes (A) y después (B) de aplicar la filtración coherente en los registros de campo y asimismo, los análisis cuantitativos calculados en la ventana W_1 y W_2 para los intervalos por encima y por debajo del objetivo correspondientemente. Después de aplicar la filtración coherente, se ve claramente la disminución del nivel de ruido aleatorio (random noise) y sub-regular en todo el intervalo de tiempo y los patrones de onda en el área de los horizontes del objetivo se ven más regulares.

INFORME FINAL DE PROCESAMIENTO E INTERPRETACION
PROGRAMA SISMICO CESAR RANCHERIA 2D 2006

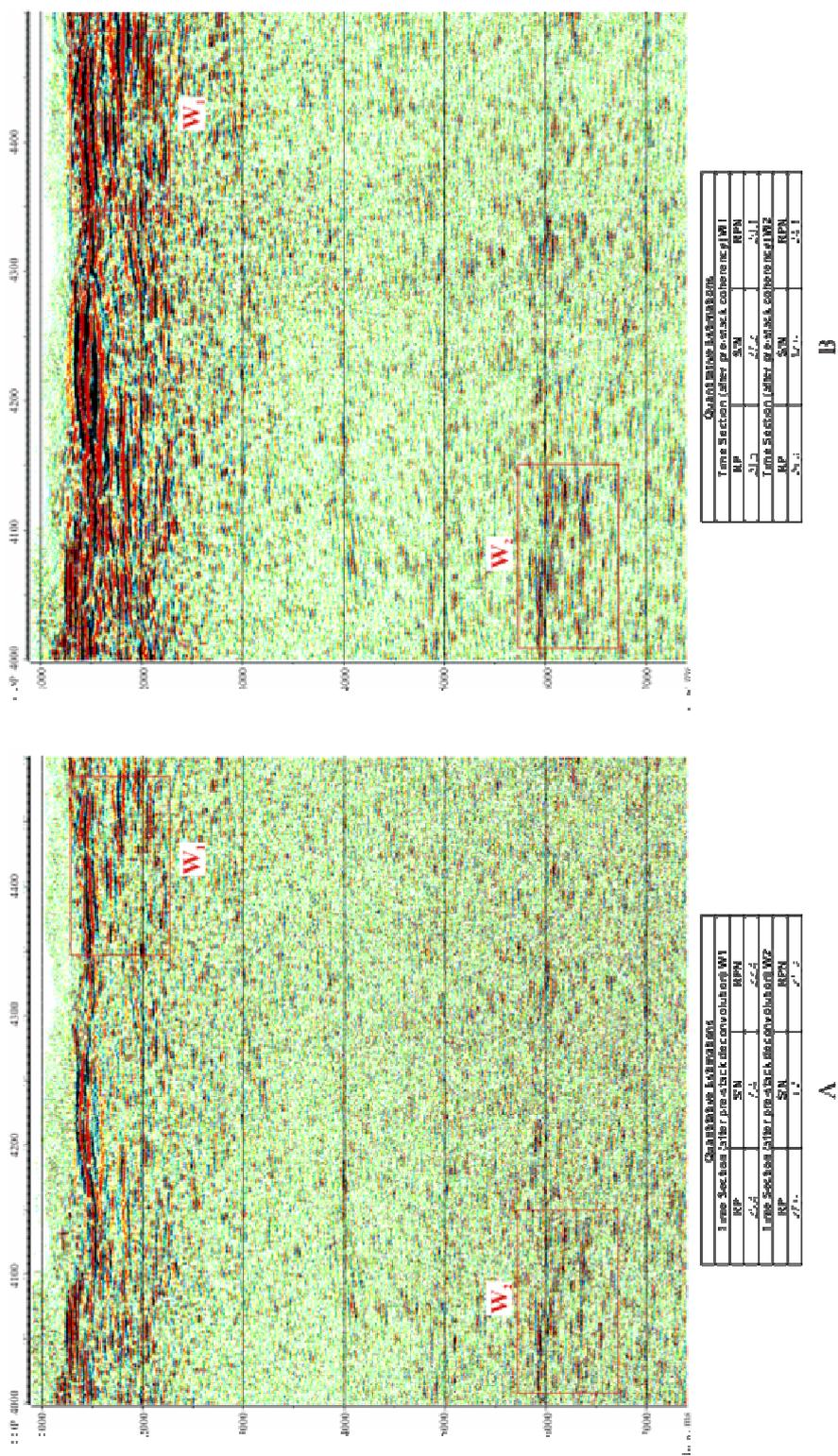


Figura 2.12. Eficiencia del filtrado de coherencia aplicado al material de campo para el ejemplo de la línea ANH-CR-2005-01. Fragmentos de la sección en tiempo y cantidades estimadas para las ventanas calculadas W1 y W2:

2.5.10 Corrección dinámica (NMO)

La corrección dinámica (NMO) se realizó en diferentes etapas del procesamiento:

- después de la carga de las correcciones estáticas primarias, hasta su corrección definitiva (etapa preliminar),
- después de la corrección estática automática, antes de la filtración coherente en los registros de campo (etapa detallada) con intervalos de 2 km entre los puntos de análisis.
- después de aplicar la filtración coherente sobre los registros de campo (etapa final) con intervalos de 1 km.

La escogencia y edición de las velocidades, se llevó a cabo con base en los espectros verticales de velocidad y en las pruebas de apilado en las secciones en tiempo (extensión de cerca de 20 CDP) en un ruido con V_{cdp} de 1800 a 8000 m/s, con incrementos del 5% del valor de velocidad registrada en el momento. Al mismo tiempo, se llevó a cabo el control de estabilidad de las velocidades en la línea. Las secciones estudiadas fueron cambiadas o complementadas cuando fue necesario, bien, en el marco de una etapa, o bien, en su cambio a la siguiente (cuando se hallaron secciones con poca facilidad para el seguimiento de los horizontes).

En la figura 2.13 se aprecia la eficiencia de la corrección dinámica. Se pueden ver los fragmentos de la sección en tiempo, calculados después de hacer la corrección estática inicial y la ley dinámica detallada (A), y de igual forma, la corrección final de la dinámica (B).

Además de ese tipo de método para la definición de la dinámica, se utilizó también otro, el cual permitió realizar un control de calidad ininterrumpido lateral de la calidad del apilado para intervalos particulares de tiempo del apilado de la sección. Con tal fin, se utilizó un paquete especial interactivo que permitió observar el conjunto de las secciones en tiempo, obtenidos bajo diferentes magnitudes constantes de V_{cdp} , a lo largo de toda la línea (en el eje X).

Con el fin de controlar la variación de las velocidades efectivas en el plano X-T, para la mayoría de las líneas se hizo el cálculo de cortes de velocidad, los cuales, luego se juntaron con las correspondientes secciones en tiempo en un sistema individual de coordenadas en correspondencia con la sección en tiempo. Como resultado se encontraron anomalías en el comportamiento de las velocidades y como tal, estas se sometieron a un análisis complementario y se les hizo la corrección correspondiente cuando fue necesario.

2.5.11 Corrección automática de la estática

La corrección automática de la estática y la del NMO, se realizó de forma interactiva en las diferentes etapas del procesamiento:

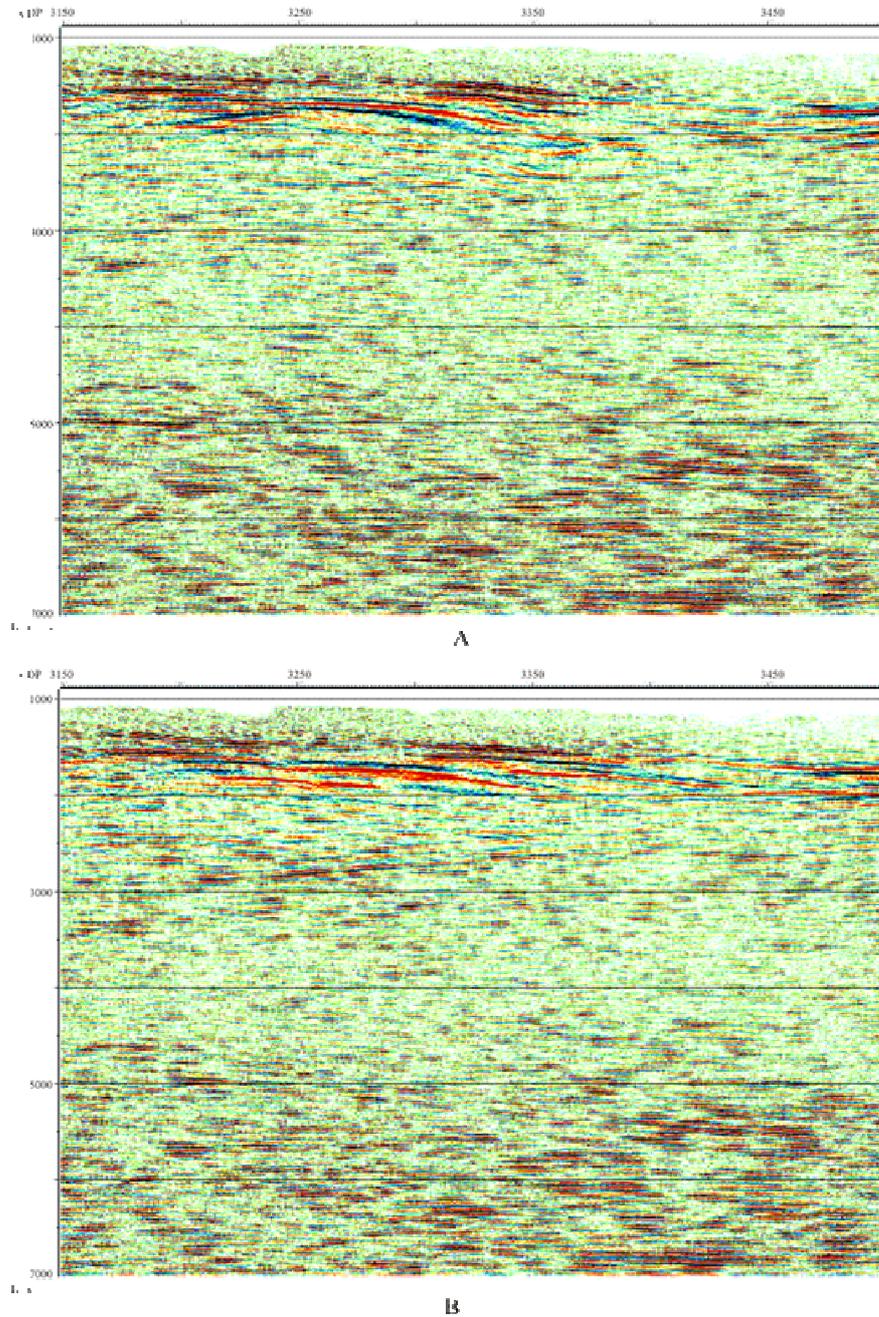


Figura 2.13. Comparación de los resultados de la corrección NMO para el ejemplo de la sección e tiempo de la línea ANH-CR-2005-01.

- antes de hacer el proceso de filtración coherente, después de la corrección dinámica previa;
- después de la corrección dinámica detallada, después de la filtración coherente de los registros de campo.

En la primera etapa, la corrección se efectuó en ventanas de tiempo de 3000 ms que incluían los horizontes de apoyo del intervalo superior del objetivo. En este caso, se buscaba mejorar la continuidad de los contactos mencionados, con el fin de definir lo mejor posible, su geometría para el posterior mejoramiento de los contactos inferiores.

En la figura 2.14 se puede ver el resultado de la corrección automática de la estática en la primera etapa. Se comparan fragmentos de secciones en tiempo antes (A) y después (B) de la corrección automática de la estática, en la etapa, después de la corrección dinámica detallada.

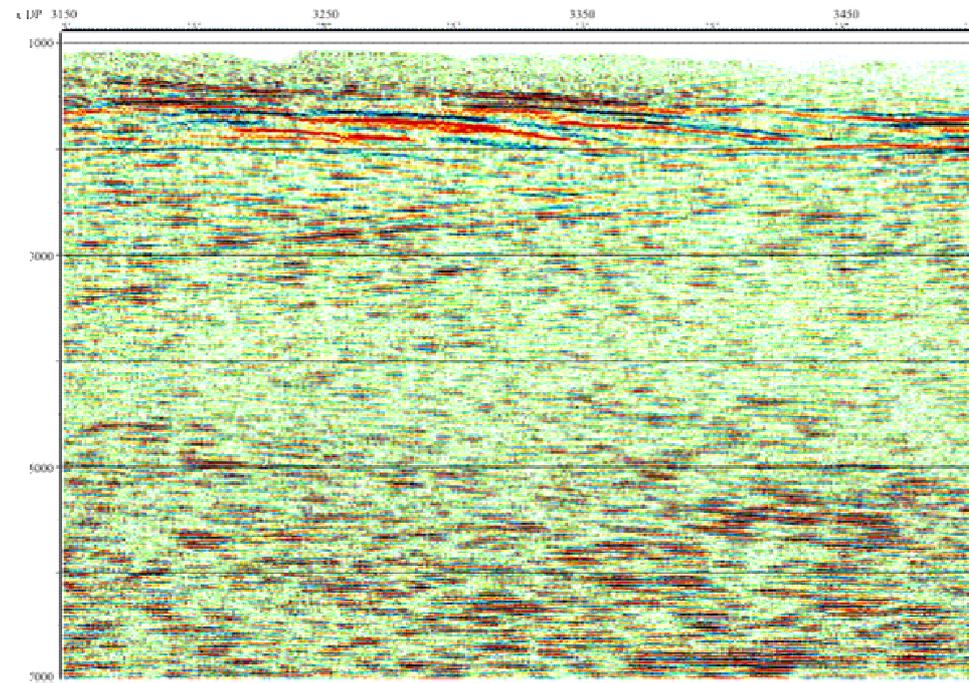
En la segunda etapa de la corrección, durante el cálculo de las estáticas residuales, se utilizaron ventanas amplias de formación estándar (6000 ms), las cuales incluyeron las reflexiones estables de los horizontes profundos que se encontraron (entre tiempos de 1300 – 6500 ms). Para la conformación del modelo, en este caso, se utilizó la búsqueda automática de buzamientos de los horizontes productivos. Esto era necesario para el aumento previo de la calidad del patrón que se utilizó en la etapa final.

En la etapa final del procesamiento, a los apilados de los cortes en la escala de tiempo CDP, obtenidos con parámetros optimizados se aplicaron una serie de procedimientos de un canal y dos dimensiones.

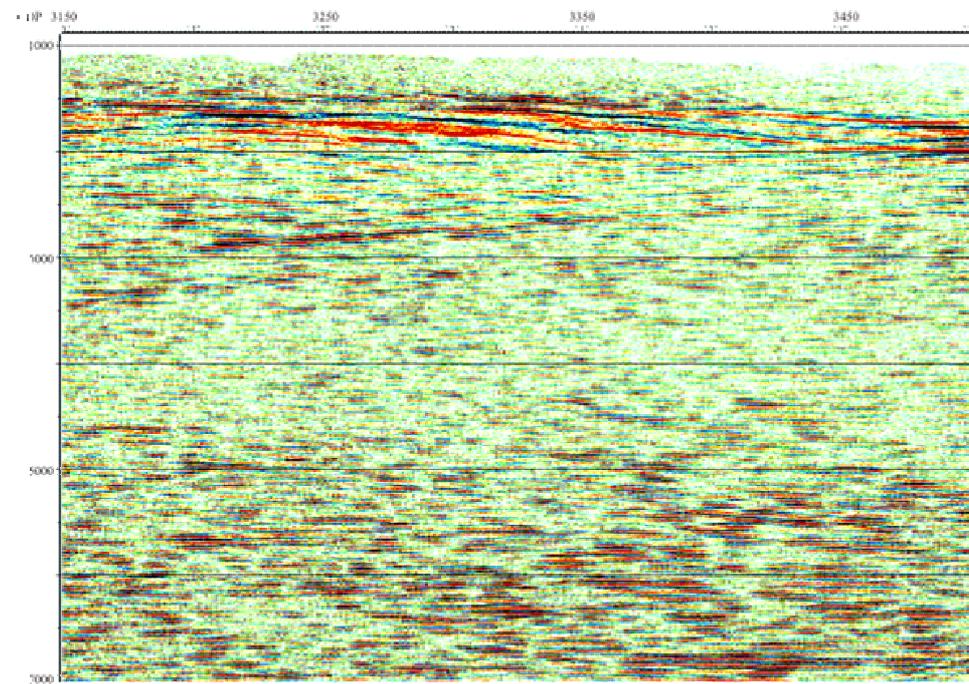
2.5.12 Procesamiento de la sección en tiempo Filtración correctiva

La operación indicada incluyó la deconvolución de fase cero y el filtro pasa-bandas. Fue necesario aplicar la primera para aumentar la resolución de los registros, y la segunda, para corregir los componentes de la frecuencia con el fin de aumentar la relación señal/ruido. La magnitud óptima del nivel enmudecimiento en este caso fue de 20%. El contacto superior del pasabanda fue establecido (con base en las pruebas realizadas) a 60 hz (es decir, más abajo del límite de frecuencia de la señal de disparo). La última permitió, hasta cierto punto, atenuar el nivel de los ruidos aleatorios después de la aplicación de la deconvolución y aumentar la relación señal/ruido en la sección final en tiempo.

INFORME FINAL DE PROCESAMIENTO E INTERPRETACION
PROGRAMA SISMICO CESAR RANCHERIA 2D 2006



A



B

Figura 2.14. Comparación de los resultados de la aplicación de las correcciones automáticas de las estáticas para los ejemplos de los fragmentos de la sección en tiempo para la línea ANH-CR-2005-01

2.5.13 Amarre de las reflexiones en las intersecciones de las secciones en tiempo

En la etapa de cálculo de las correcciones estáticas iniciales en el programa "Fathom", éstas presentaron diferentes magnitudes en los puntos de intersección de los perfiles, esto debido a que el suavizado de la superficie del refractor se realizó sin tener en cuenta la información estadística complementaria sobre las líneas que se interceptan, las correcciones estáticas iniciales tenían una magnitud diferente en los lugares de intersección de las líneas. Como resultado de esto, en las intersecciones de las líneas presentaron discrepancias del orden de 10-20 ms. La corrección de esos desplazamientos se realizó después de la filtración de corrección en la sección en tiempo con ayuda del programa de interpretación GeoGraphix Discovery (E. U.)

2.5.14 Atenuación del ruido aleatorio (random noise)

La aplicación del filtro FX dio un resultado positivo después de la utilización de la filtración correctiva, está se usó para quitar el ruido de fondo aleatorio (random noise) en las secciones finales en tiempo. Durante su ejecución, se utilizaron parámetros "suaves" ya que la aplicación de dicho filtro, junto con el aumento de la relación señal/ruido, puede conllevar a la pérdida de resolución de la señal.

2.5.15 Evaluación de la eficiencia del procesamiento en sus diferentes etapas

En la figura 2.15 se halla la comparación de los fragmentos de la sección en tiempo, las características de amplitud-frecuencia y el control cuantitativo, calculado en la ventana que ocupa las reflexiones productivas: después de la filtración correctiva sobre los registros de campo (A), después de la filtración correctiva sobre la sección en tiempo (B) y después de la supresión del ruido aleatorio (random noise) en el apilado final (C).

De acuerdo a las características de amplitud - frecuencia, se debe señalar, que después de la aplicación de la filtración coherente en los registros de campo, la capacidad de resolución de los registros sísmicos disminuyó en 10-20%.

Al mismo tiempo el procedimiento de filtración de la sección en tiempo permitió ampliar el espectro de la señal inicial en 5-10% y aumentar la relación señal/ruido en 70-80% (Signal/Noise – «S/N»).

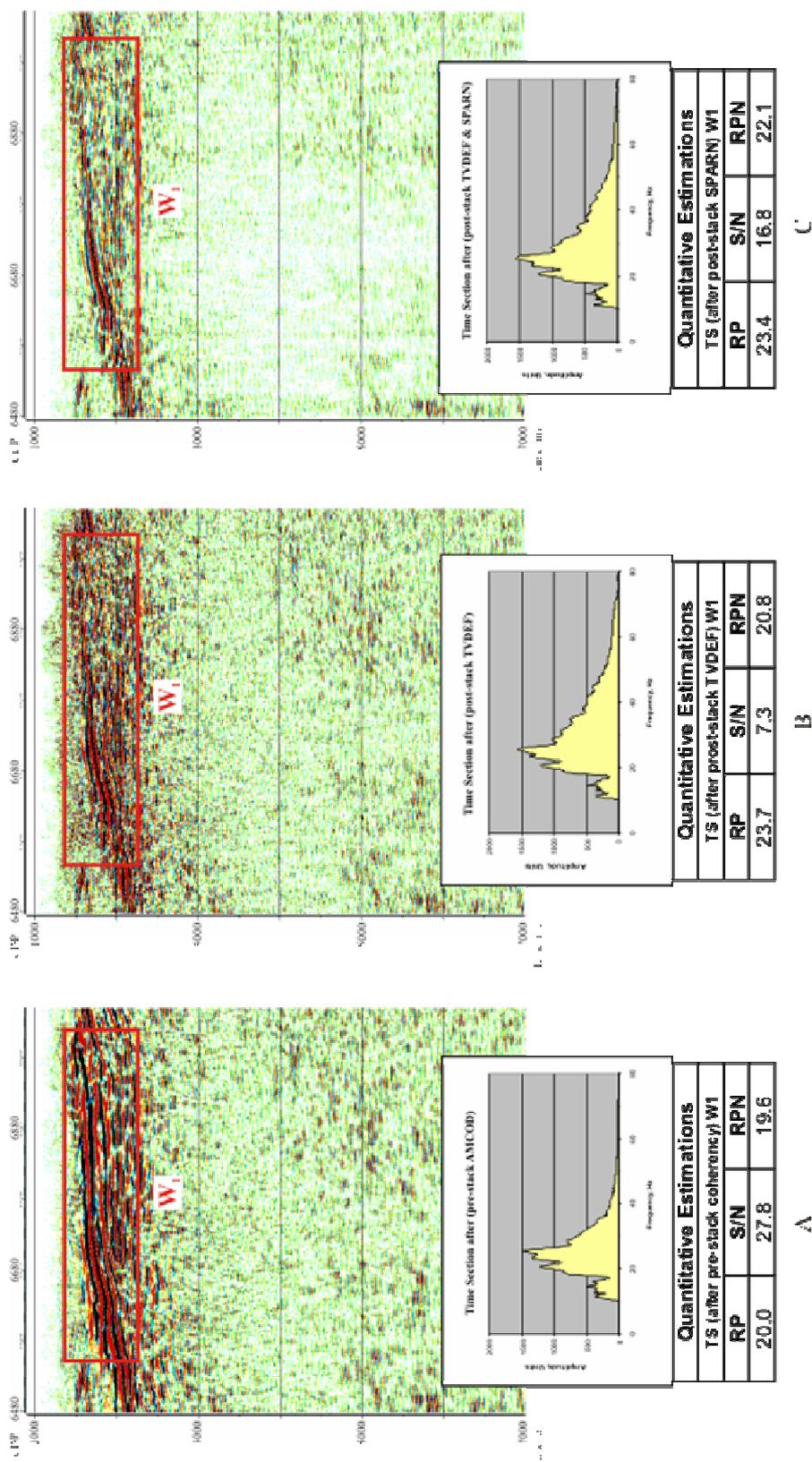


Figura 2.15. Estimativo de la calidad del procesamiento a las diferentes etapas para el ejemplo de la línea ANH-CR-2005-01 (CDP 6480-7080). Fragmentos de sección en tiempo y cantidades estimadas para el calculo en las ventanas W1 y W2.

2.5.16 Migración de velocidad media

En la figura 2.16 se halla la comparación de los tipos de migración utilizados en la secuencia de procesamiento dada tales como migración FK (B), FX (C), y de igual forma, el algoritmo de Kirchoff (D) y el fragmento de la sección en tiempo antes de la migración (A).

Analizando los diferentes patrones de onda se nota que la migración FK es la que menos altera la forma de la onda antes de la migración, sin embargo, trae consigo elementos de difracción equiparables a la intensidad del nivel del ruido aleatorio (random noise).

La figura 2.17 ilustra las diferentes velocidades de la migración FK. Se hicieron pruebas de velocidad de la migración a 60% (A), 80% (B), 100% (C) y 120% (D) de la velocidad media. De acuerdo a los resultados de las pruebas se escogió la migración de velocidad media FX de 60% de la velocidad media.

2.5.17 Atenuación de los efectos de la difracción en la migración

En la etapa final del esquema, volver a usar la filtración FX dio un resultado satisfactorio, el cual se utilizó para eliminar el patrón no deseado de difracción, que casi siempre se presenta después de la migración en las zonas extremas y en secciones de cambio abrupto de la dinámica de reflexión. Durante su ejecución, se utilizaron parámetros bastante “suaves”, ya que en el curso del procesamiento previo ya se había conseguido una relación señal/ruido lo suficientemente alta en el apilado de la sección en tiempo.

2.5.18 Control de Calidad

Para llevar a cabo el control de calidad del procesamiento, en las diferentes etapas, se hicieron secciones previas en tiempo en papel. De igual forma, se realizó el control visual en el monitor, de todos los resultados sucesivos del procesamiento de cada uno de los pasos particulares en el marco de una etapa. Cuando fue necesario se realizó un procesamiento complementario (o apilado) en las áreas con calidad no satisfactoria del material.

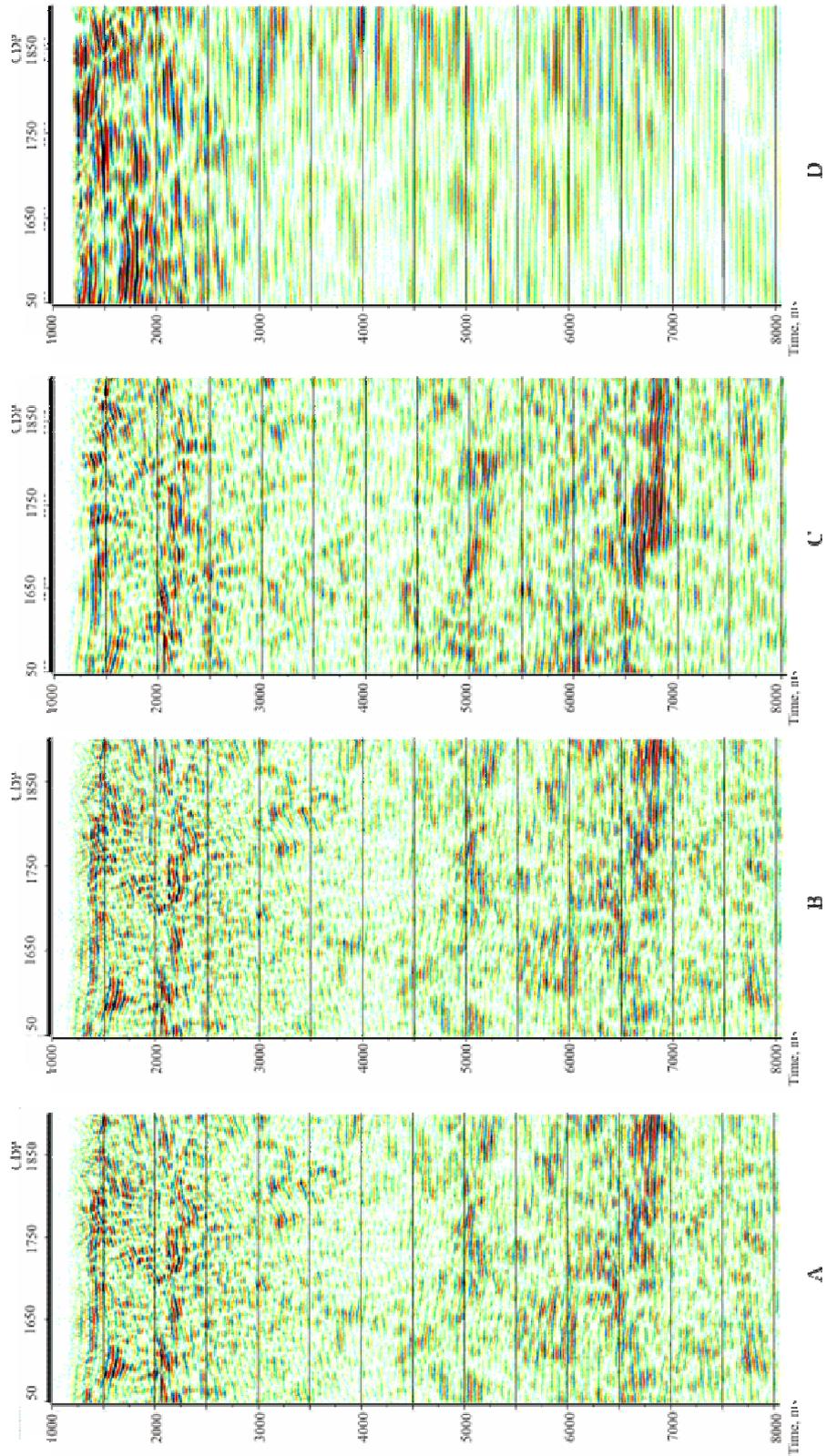


Figura 2.16. . Comparación de los tipos de velocidad media de migración en una sección en tiempo para el ejemplo de los fragmentos de sección en tiempo de la línea ANH-CR-2005-04

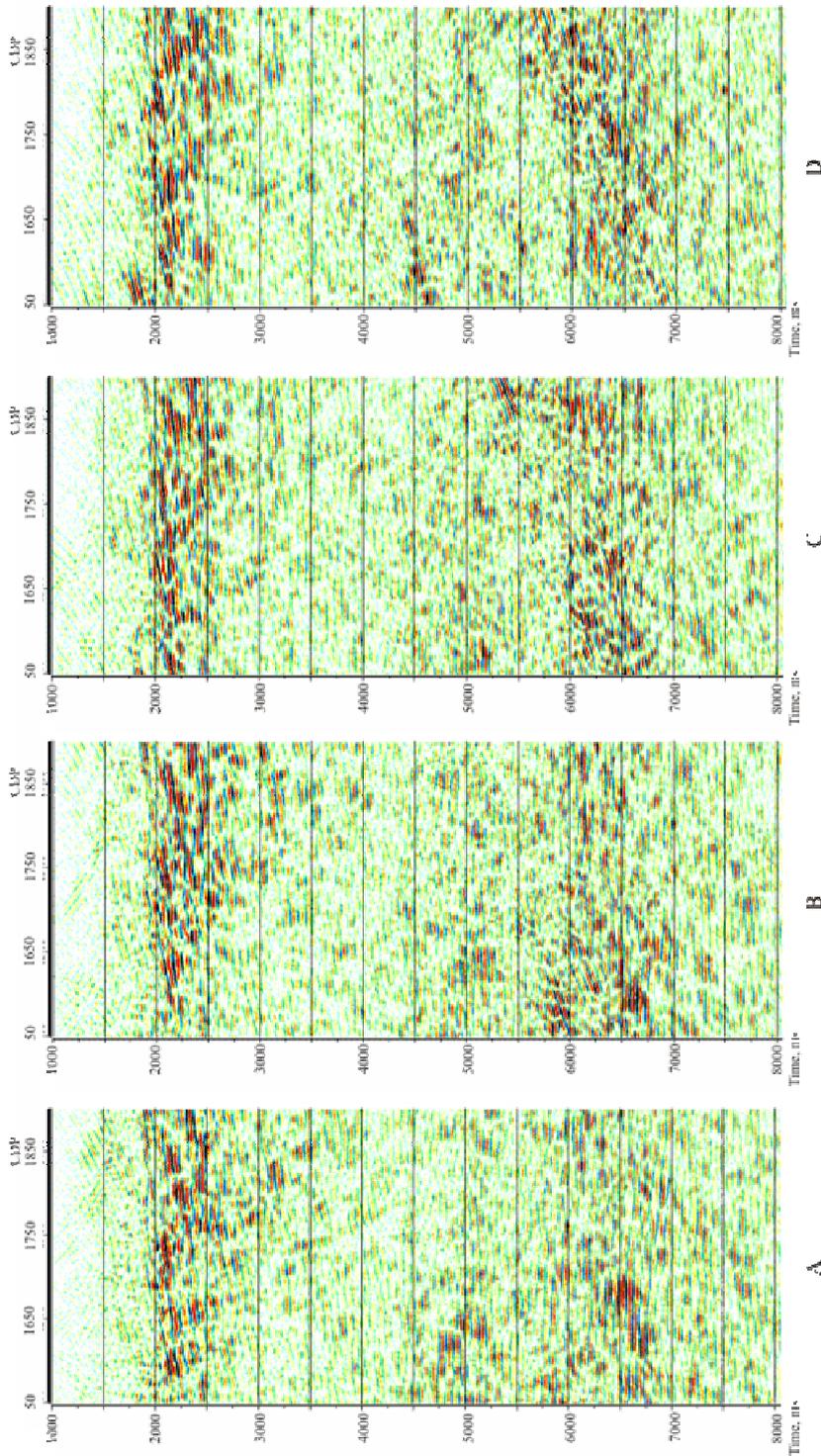


Figura. 2.17. Selección de la función de velocidad de migración en el campo FX para el ejemplo de los fragmentos de sección en tiempo de la línea ANH-CR-2005-04

2.6 Descripción de los parámetros de la secuencia de procesamiento

1. Conversión de registros a formato **GeoCluster**

Módulo SEGIN

2. Formación de los archivos interiores de navegación **GeoCluster** de archivos **SPS**, carga de la geometría a los registros

Módulo FPSRD

Módulo PSUPD

Módulo DTBXY

3. Edición de trazas, corrección de las lecturas anómalas

Tipo de filtro: filtro mediano

Cantidad de trazas en la base: 11

Valor umbral de la edición: si el valor de la lectura sobrepasa
La mediana de base en 1000 veces

Módulo HARMO

opción HARMONIZATION

4. Restitución de amplitudes (AGC)

Longitud del operador 300 ms

Ventana en el comienzo 300 ms

Ventana al final 2000 ms

Nivel de las amplitudes 2000 ud.

Módulo DYNQY opción estándar

5. Deconvolución

Tipo de deconvolución: De fase cero

Superficial acorde

Longitud del impulso: 24 ms (similar al niv. de enmudecimiento
80%)

Longitud del operador: 120 ms

Ventana: 200-8000 ms

Módulo DECON

Filtro acorde Estación de recepción, punto de disparo,
clase de separación, punto de medio de CDP

Módulo DECSC

6. filtro pasa-bandas
intervalo de frecuencia 10-14 – 50-60 Hz
Módulo FILTR
7. Carga de las correcciones estáticas a priori
Tipo de corrección de las estáticas
a priori: En las ondas de refracción
Velocidad sobre el dátum de 3800 m/s
- Base del refractor: 0-2000 m
Dátum: 2300 m
Algoritmo del cálculo
de las corrección estáticas: Suavizado de la superficie del refractor
con el algoritmo Gauss Ceidel
Modulo HISTA
Anexo interactivo
Green Mountain Fathom
- Tipo de
correcciones estáticas a priori: Del relieve
Velocidad hasta del dátum: 3800 m/s
Dátum: 2300 m
Algoritmo de cálculo de las
correcciones estáticas: Dependencia inversa de la velocidad
hasta el dátum
Dependencia directa del relieve
Módulo HISTA
anexo interactivo
MS Excel 2000, módulo HISTA
(Opciones HF & RG)
8. Primer ciclo de análisis de velocidad
Intervalo: cada 2 km
Módulo VSCAN
Módulo FANMO
anexo interactivo MVP
9. Primer ciclo de corrección automática
correcciones estáticas (estáticas residuales)
iteraciones: 3
Corrección máxima: +/-40 ms

Módulo SATAN

10. Filtración coherente en los registros de campo
cantidad de trazas en el modelo 11
Ventana 160 ms
Cubrimiento entre la primera y la siguiente ventana: 40 ms
abanico de buzamientos durante el análisis de la función coherente -3/+3 cálculos por traza

Módulo AMCOD

11. Segundo ciclo de análisis de velocidad
intervalo: cada 1 km

Módulo VESPA

Módulo FANMO

anexo interactivo VELCOM

12. Segundo ciclo de corrección automática de las correcciones estáticas (estáticas residuales)

Iteraciones: 3
corrección máxima: +/-30 ms

Módulo SATAN

13. obtención de la sección preliminar en tiempo (apilado)

Módulo STACK

14. Deconvolución sobre el apilado

Tipo de deconvolución: De fase cero, con amplitud.
Longitud del operador: 300 ms
Nivel de enmudecimiento 20 %

Módulo TVDEF

15. Filtro pasa-bandas sobre el apilado

Tipo de filtro: 10-14 – 50-60 Hz

Módulo FILTR

16. Atenuación del ruido aleatorio (random noise)

Cantidad de trazas en la base: 64
Frecuencia 20 – 60 Hz
Longitud del operador 4 ms

Módulo SPARN

17. Migración

Tipo F - X

Porcentaje de la velocidad CDP 60 %

Módulo FXMIG
anexo interactivo LIBDL

18. Impresión en papel

Módulo PLOTX

2.7. Breve descripción de los módulos utilizados de los paquetes interactivos del programa GeoCluster y abreviaturas

SEGIN – This module, which transform input trace formats into a unique processing format (host floating point). Also its update some header words indicated in Libraries name LIBRI SI.

FPSRD – This module Using SPS (Shell Processing Support) -type files, and creates the following geometry files: GEOFILE (internal GeoCluster navigation format locations relation receivers and sources) and LIBRI XY (internal GeoCluster navigation format topographic coordinates receivers and sources).

PSUPD – This module used GEOFILE for the updating of headers words.

DTBXY – This module used GEOFILE and LIBRI XY files for the updating of headers words, binning and calculated MEAN LINE OF CDP.

HARMO – This program is used for automatic amplitude harmonization of the samples. Isolated samples which are very different from neighbouring samples are replaced by the median of neighbouring samples.

RECOV – This module performs amplitude recovery by applying a variable gain calculated with an operator length.

FKFIL – This program filters a set of traces in the FK domain. Usually used common shot point sorting of traces.

DECON – This module performs the deconvolution of a trace according to the Wiener-Levin-son algorithm. The input trace is divided into windows. Each window is deconvolved separately, taking into account signal variations in the time domain.

FILTR – This program applies the filter operators stored in filter libraries and performs time variant filtering. It also performs, if necessary, spatial interpolation between libraries. Usually use a band-pass filter libraries.

HISTA – The program applies corrections to a given trace using a high fidelity interpolation filter which allows the computation of new samples with a precision that is a function of the sample interval (default value = one quarter of the sample interval).

VSCAN – This module applies dynamic corrections to an entire line or a portion of a line

and performs constant velocity stacks, with n constant velocities. It can also correct seismic traces with n constant velocities, but without stacking them.

AMCOD – This program is used to improve the coherency between successive traces of a section. Traces to be processed are compared to models and weighted according to their correlation with these models. It is also possible to introduce part of the model into the trace. Each model corresponds to a dip (which is the sum of several consecutive traces after various time shifts). Dips vary by one-sample increments between traces.

VESPA – This module provides a velocity analysis computation and composite plotting. The traces belonging to a group of traces (lines or CDPs) are corrected using n velocity functions, these functions being computed by adding a velocity increment or a delta t to a reference function. The n stack traces corresponding to this scan are filtered, made positive, integrated, and resampled at a given sample interval.

FANMO – This module applies hyperbolic, non-hyperbolic or linear move out.

SATAN – This module computes a 2D reflection residual statics.

STACK – This module provides stacking of Traces.

TVDEF – This module is a spectral balancing program, i.e. it applies time-variant amplitude deconvolution, equalization and filtering. If a deconvolution is applied, it does not modify the phase, but it is not a zero-phase deconvolution. The processing is performed in the spectral domain on time windows called equalization windows. For every window, the deconvolved spectrum is equal to the spectrum of the window divided by the mean spectrum. This mean spectrum is equal to the square root of the energy spectrum smoothed by two successive current averages.

SPARN – This module provides signal preserving attenuation of random noise.

FKMIG – This module performs a 2D time migration after stack. The migration is based on an algorithm in FK domain.

KIRCH – This module performs a 2D time migration after stack. The migration is based on an algorithm by KIRCHHOFF.

FXMIG – This module performs a 2D time migration after stack. The migration is based on an algorithm in FX domain.

PLOTX – This module is used to transform seismic traces into a dot mode seismic section complete with annotation and side label.

SHOT DESCRIPTION OF MAIN INTERACTIVE APPLICATIONS USED IN FLOW CHAT

MVP – This is a program that provides display, animation and picking on a set of related 2D sections. Typically, constant velocity scans (CVS) for migration or stack can be viewed and compared. Both 2D surveys and profiles from 3D surveys can be

effectively processed with the program. Picking is allowed on any section at any point. The picks, indicating (x, t, v) may be output in an MVP native or LIBVI format. The animation is rapid enough to allow Geophysicists to easily compare the sections and see the trend in events across the sections. The animation is directly controlled in real time.

VELCOM – This is an interactive velocity-analysis picking program. The data necessary to run VELCOM come from the Geovecteur ANVIT/VESPA module. Input seismic traces are in CGG's internal format and include: velocity spectrum traces, stack traces, gather traces.

LIBDL – This interactive application allows you to check velocity functions. Files are input as Geovecteur ASCII files called LIBRI VI files (Standard Velocity Libras).

SHOT DESCRIPTION OF ABBREVIATION QUANTITATIVE ESTEMATIONS

FMEAN – This is a mean frequency.

RP – This is a wavelet resolution or elementary impulse resolution.

S/N – This is a ratio signal to noise.

RPN – This is a resolution of a seismic record (resolution of signal only, without noise).

Spectrum – This is a function of amplitude to frequency.

BIBLIOGRAFÍA

Fuentes publicadas:

1. Geología del petróleo, guía, tomo 2, libro 2. Yacimientos de petróleo en países extranjeros/ Bajo la redacción de Visotsky. – Moscú: “Nedra”, 1968.
2. Cinturones plegados del Mesozoico y del Cenozoico (material de tectónica comparada), tomo 2 (cinturones plegados de las inmediaciones del océano Pacífico y del Caribe) realizado y redactado por A. Spencer: traducción del inglés – Moscú - “Mir”, 1977. Primera edición: Inglaterra 1974.
3. Procesamiento de datos sísmicos/ L. Harton, M. Werdington, G. Meikin: Traducción del inglés. – Moscú: “Mir”, 1989.
4. Prospecto de la cuenca Cesar-Ranchería – Agencia Nacional de Hidrocarburos (ANH), 2005.
5. Estratigrafía sísmica (Uso en la búsqueda y exploración de petróleo y de gas), 2 tomos/ con la redacción de Ch. Peiton: Traducción del inglés. – Moscú: “Mir”, 1982 – Primera edición: EE.UU., 1977.
6. Exploración sísmica. Dos tomos/ P. Sherif, L. Gendart: traducción del inglés: Moscú. Editorial “Mir” 1987. Primera edición: Cambridge, Inglaterra, 1985.
7. Exploración sísmica/ I. I. Gurchich, G. N. Boganik - Moscú: “Nedra”, 1980.
8. Guía de yacimientos de petróleo y de gas en países extranjeros. Segundo libro (América del Sur, África, Oriente Medio, Asia del Sur, Asia central y Extremo Oriente, Asia Sudeste y Oceanía, Australia y Nueva Zelandia)/ Bajo la redacción de I. V. Visotski – Moscú: “Nedra”, 1976.
9. Enciclopedia de la geología regional del mundo. Hemisferio del oeste (incluida la Antártida y Australia)/ Bajo la redacción de R. W. Fairbrige: Traducción del inglés. – Leningrado: “Nedra”, 1980 – Primera edición: EE.UU., 1975.

10. Medina Duarte A. Investigación de la estructura geológica y de las perspectivas gasopetrolíferas de la cuenca Llanos (Colombia) de acuerdo a datos geofísicos. Tesis para optar por el título a Candidato a Doctor en Ciencias Geológico-mineralógicas (PH. D. en geología y Minería). Moscú 1982. Material del Banco de Información de ECOPETROL.

11. García Manjares C. Proyecto Cesar-Ranchería. Piedecuesta, Santander, marzo de 1990, Material del Banco de Información de ECOPETROL.

3. INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS SÍSMICOS Y RESULTADOS DEL TRABAJO

3.1 Correlación sísmica de los principales horizontes de reflexión

Durante la realización de investigaciones exploratorias, la correlación sismo-estratigráfica de los horizontes de reflexión, se llevó a cabo con base en datos de modelamiento geosísmico de una dimensión. Este tipo de correlación se considera el más exacto. Desafortunadamente, los autores de este informe no tuvieron la oportunidad de hacer esta clase de trabajo, por no contar, con al menos, algunos datos de pozos profundos (incluidos registros acústicos y VSP).

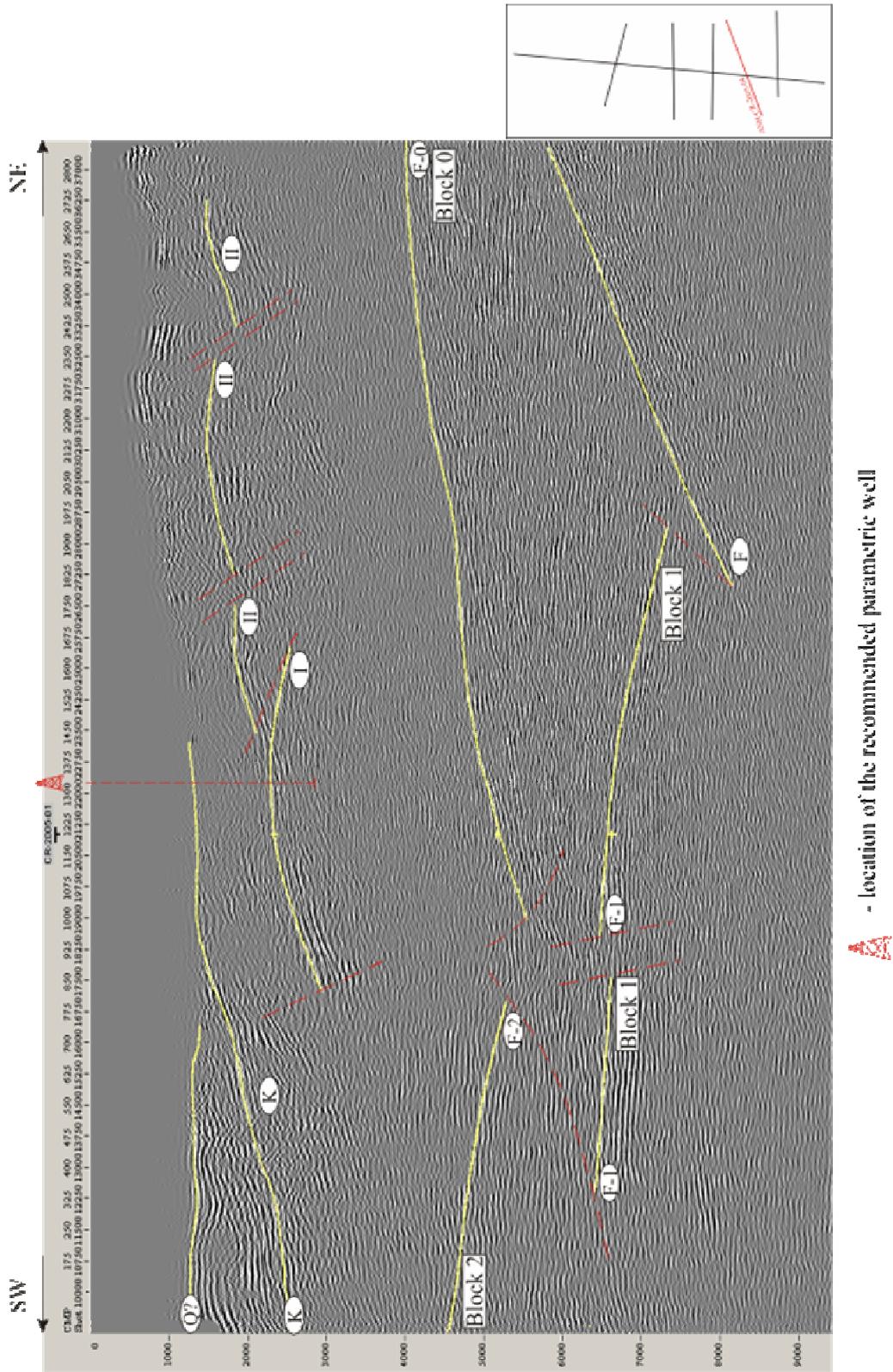
La correlación del horizonte condicional de reflexión K, en la base de los sedimentos del Cretácico, se hizo con base en el mapa geológico, comparando los contactos de distribución de los sedimentos del Cretácico y los datos de la exploración sísmica.

La correlación de los horizontes condicionales de reflexión I, II, F-0, F-1 y F-2 se realizó basándose en las evidencias a priori sobre la forma estructural del área investigada.

3.2 Descripción del patrón de ondas y método de interpretación

En el presente capítulo se describe la estructura del campo ondulatorio del territorio en investigación. En la figura 3.1 se presenta el apilado más representativo del área. Es necesario hacer notar lo siguiente:

El carácter del campo ondulatorio del área, que se distribuye en los límites de la articulación de la parte sur-oriental de la cuenca del Cesar con la serranía del Perijá (relacionados en conjunto con la cordillera) se diferencia, radicalmente, de la forma del campo ondulatorio relacionado con el territorio de la plataforma. Para el material sísmico relacionado con la plataforma, es característica la presencia de paquetes extendidos claramente expresados y dinámicos, reflejados en los contactos geológicos. De igual forma, otra particularidad del material sísmico de las plataformas antiguas es la posibilidad de división del campo ondulatorio en diferentes paquetes de información sísmica, que se diferencian unos de otros por el carácter de su registro sísmico: frecuencia, expresión dinámica, presencia de imagen del interior de la formación del registro sísmico. Todas las características enumeradas anteriormente del registro sísmico, son particulares para la plataforma, éstas no se encuentran en los materiales sísmicos, procesados en la zona de transición de la cuenca intermontana del Cesar hacia el sistema montañoso (Serranía del Perijá). En el lado opuesto, se pueden observar gran cantidad de paquetes sueltos de reflexión que tienen una característica de frecuencia y dinámica diferente. Equiparar dichos paquetes de ondas, uno con el otro, resulta muy complicado.



 - location of the recommended parametric well

Figura 3.1 Sección en tiempo de la línea ANH-CR-2005-04

A pesar de las complicaciones antes mencionadas, se pudieron corregir algunos paquetes de ondas sísmicas. Se debe advertir que la correlación en este caso no es de fase sino de grupo, es decir, de acuerdo al grupo de reflexión (paquete). El paquete número uno está relacionado con el horizonte condicional de reflexión K, base de los sedimentos cretácicos. Este fue el único horizonte de reflexión que se pudo correlacionar con el mapa geológico. Los siguientes paquetes de reflexión, los cuales se pudieron seguir en la sección, están relacionados, posiblemente, con horizontes interiores del Jurásico. Se trata de los horizontes condicionales de reflexión I y II. Dichos horizontes se registran de 1.9 a 2.9 segundos y de 1.0 a 2.7 segundos, respectivamente (datum +1300 m). Los horizontes condicionales se representan por paquetes ondulatorios de 3 o 4 fases, interrumpidos y con una expresión dinámica cambiante en los límites de líneas sísmicas particulares. Posteriormente se describen los paquetes de ondas, relacionados, al parecer, con la superficie del basamento. Se hace referencia a los horizontes condicionales de reflexión F-0, F-1 y F-2. Los paquetes enumerados se diferencian por su expresión dinámica débil y su continuidad esporádica. Los horizontes de reflexión indicados se registran en un intervalo amplio de tiempo: de 3.0 a 8.2 segundos (desde el dátum +1300 m). La clasificación de los tres horizontes condicionales de reflexión (F-0, F-1 y F-2), relacionados con la superficie del basamento, está sustentada a su pertenencia con diferentes bloques. En la línea ANH-CR-2005-04 (desde la estaca 26500 hasta el final de la línea) se encuentra un grupo de reflexiones en el intervalo de tiempo 6 a 9 segundos. Se le dio el nombre de F a dicho paquete (figura 3.1). Debido a que el paquete indicado de reflexión se puede seguir solamente en una línea, no se realizó mapa de isócronas por este horizonte.

Como ya se expresó anteriormente, la interpretación de los registros sísmicos se llevó a cabo con ayuda del programa de interpretación "GeoGraphix" Discovery (Landmark, E. U.). En total se interpretaron 218.07 Km. Con este programa se realizaron las siguientes etapas de interpretación.

1. Elaboración del mapa del área investigada, incluida la topografía de las líneas sísmicas,
2. Correlación de los horizontes del objetivo
3. Correlación y análisis del área de los horizontes condicionales de reflexiones principales,
4. Elaboración de los mapas de isócronas por los horizontes condicionales de reflexión identificados.

3.3. Descripción de los mapas de isócronas

Con ayuda de los resultados geológicos se realizaron mapas en tiempo (T_0) por los siguientes horizontes condicionales de reflexión: F-0, F-1 y F-2 – superficie del basamento (?); en los bloques 0, 1, 2; I, II – sedimentos interiores del Jurásico (?); en los bloques I, II; K – en la base de los sedimentos del Cretácico (?). Escala 1:100.000 (anexo de figuras 2 – 7). Como se dijo anteriormente, la correlación de los horizontes condicionales esta hecha muy condicionalmente. La elaboración de todos los mapas de isócronas (T_0) fue hecha desde el datum +1300 m.

Antes de comenzar la descripción de los mapas de isócronas, nuevamente se recalca, que los cálculos obtenidos del material sísmico se caracterizan por su gran complejidad y su interpretación puede ser muy variable. En los mapas en tiempo suministrados, se representa uno de los posibles modelos geológico-geofísicos, de este territorio complejamente tectonado, que esta basado en la presentación del carácter de falla inversa de cabalgamiento de la articulación de la parte sur oriental de la cuenca del Cesar con el macizo de la serranía del Perijá (figura 3.1 – 3.6; anexo de figuras 8-13).

El Basamento de área estudiada tiene una estructura en forma de bloque. En los mapas de isócronas de los horizontes condicionales de reflexión F-0, F-1 y F-2 (anexo de figuras 2 – 4) se ve reflejada la particularidad de la estructura de su superficie, identificada con el tope del Basamento por tres bloques tectónicos clasificados: bloque 0, bloque 1 y bloque 2.

El bloque inferior del Basamento (?) es el bloque 1. El horizonte condicional de reflexión F-1, identificado con el tope del Basamento en este bloque, se registra en las líneas ANH-CR-2005-01 (estacas 18500-38700), ANH-CR-2005-02 (estacas -975 – 8325), ANH-CR-2005-04, (estacas 12100 – 28300) y ANH-CR-2005-06 (estacas 8970-21900). La superficie de isócronas, del horizonte condicional de reflexión F-1, forma en los límites del bloque una saliente estructural de nariz de anticlinal que aflora en dirección occidental (anexo de figuras 2). El eje de la nariz del anticlinal coincide con la línea ANH-CR-2005-04. El registro de tiempo del horizonte condicional de reflexión F-1 por el eje de la nariz del anticlinal cambia de 6.5 segundos en el occidente a 7.3 segundos en el oriente. La parte mas sumergida del bloque se observa en sus terminales nororiental y suroriental, donde T_0 corresponde a 7.7 segundos. En el área de las estacas 17150 – 18550, de la línea ANH-CR-2005-04 y estacas 13200 – 15000, de la línea ANH-CR-2005-06 se observa una zona de pérdida de continuidad del horizonte condicional de reflexión F-1, relacionada con zona de fallas. La zona dada se “desarrolla” en dirección nor-noroccidental. Hacia el occidente, sur y oriente, el Bloque 1 esta limitado por fallas inversas (cabalgamientos?), por las cuales se le desplazan (cabalgan) los bloques vecinos del Basamento, el Bloque F-0, al oriente y norte y el Bloque F-2 al occidente y al sur

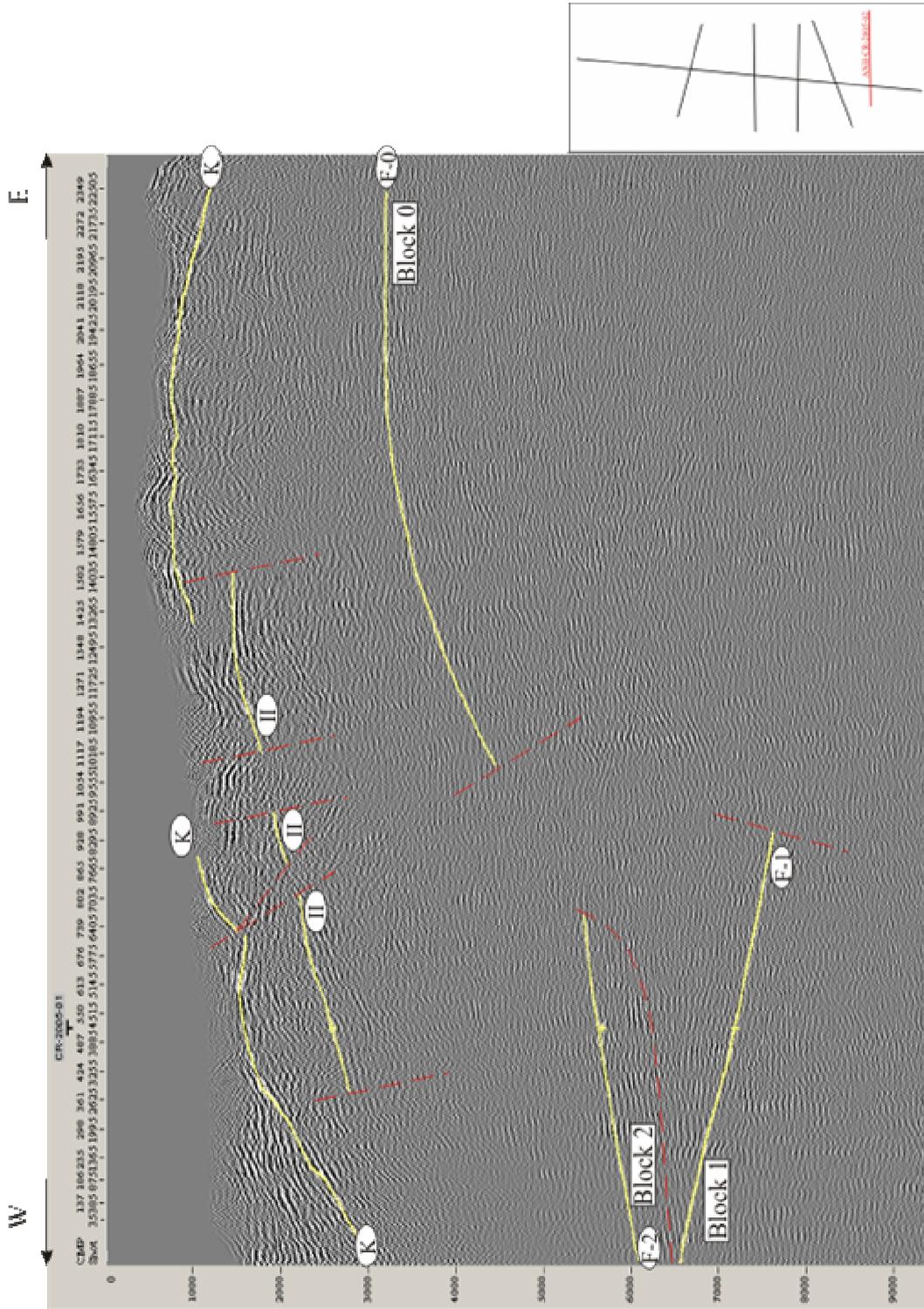


Figura 3.2 Sección en tiempo de la línea ANH-CR-2005-02

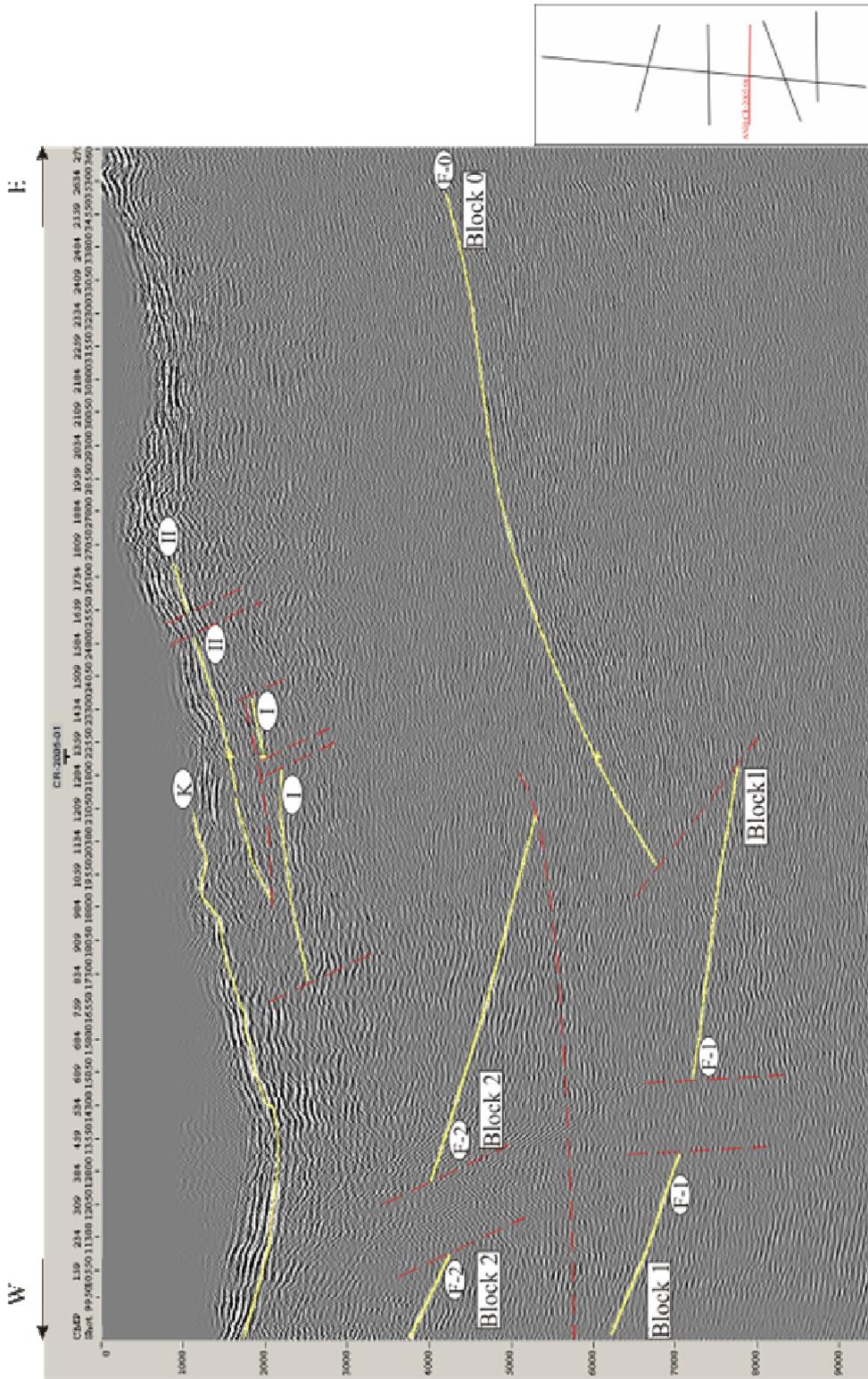


Figura 3.3 Sección en tiempo de la línea ANH-CR-2005-06

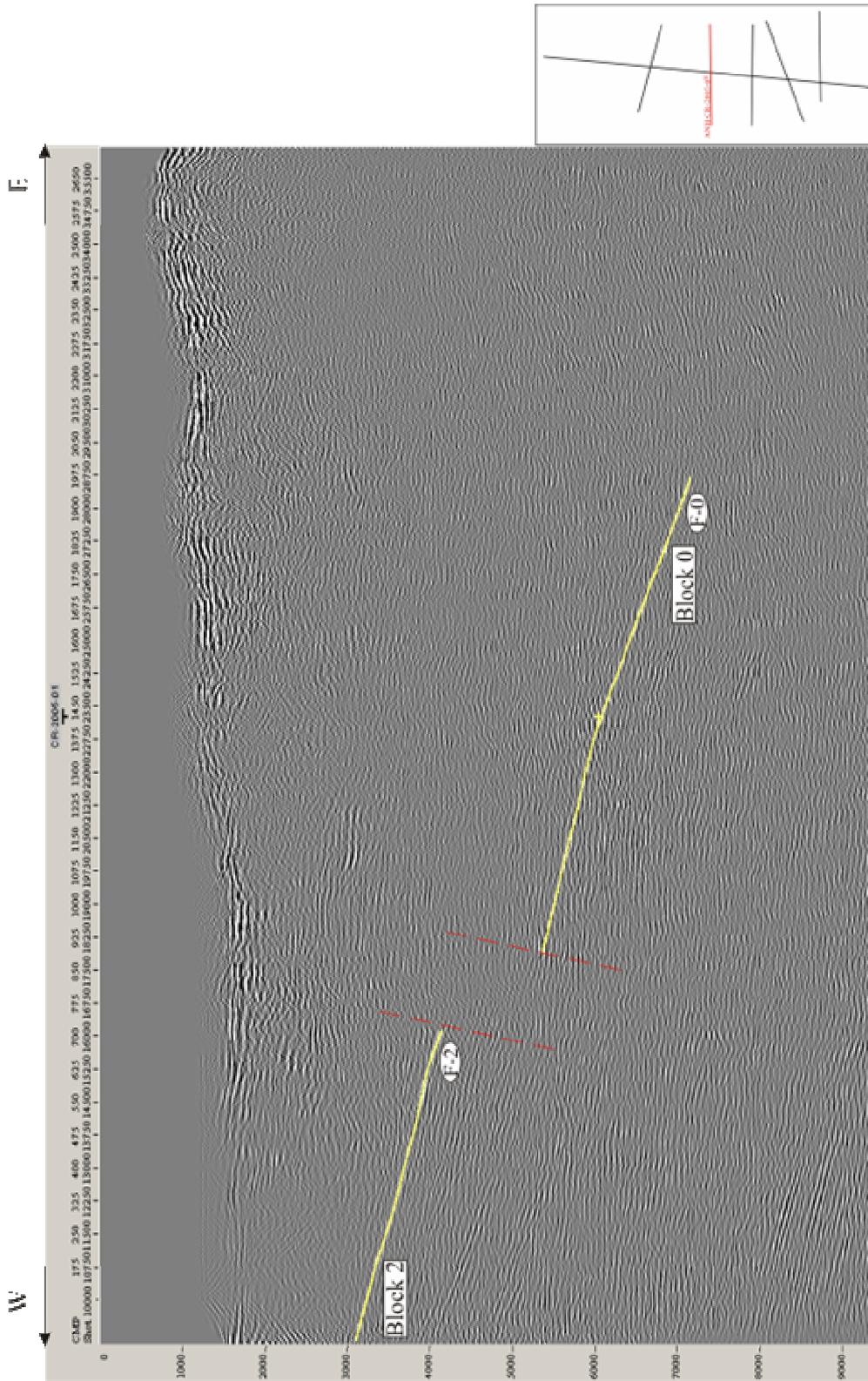


Figura 3.4 Sección en tiempo de la línea ANH-CR-2005-08

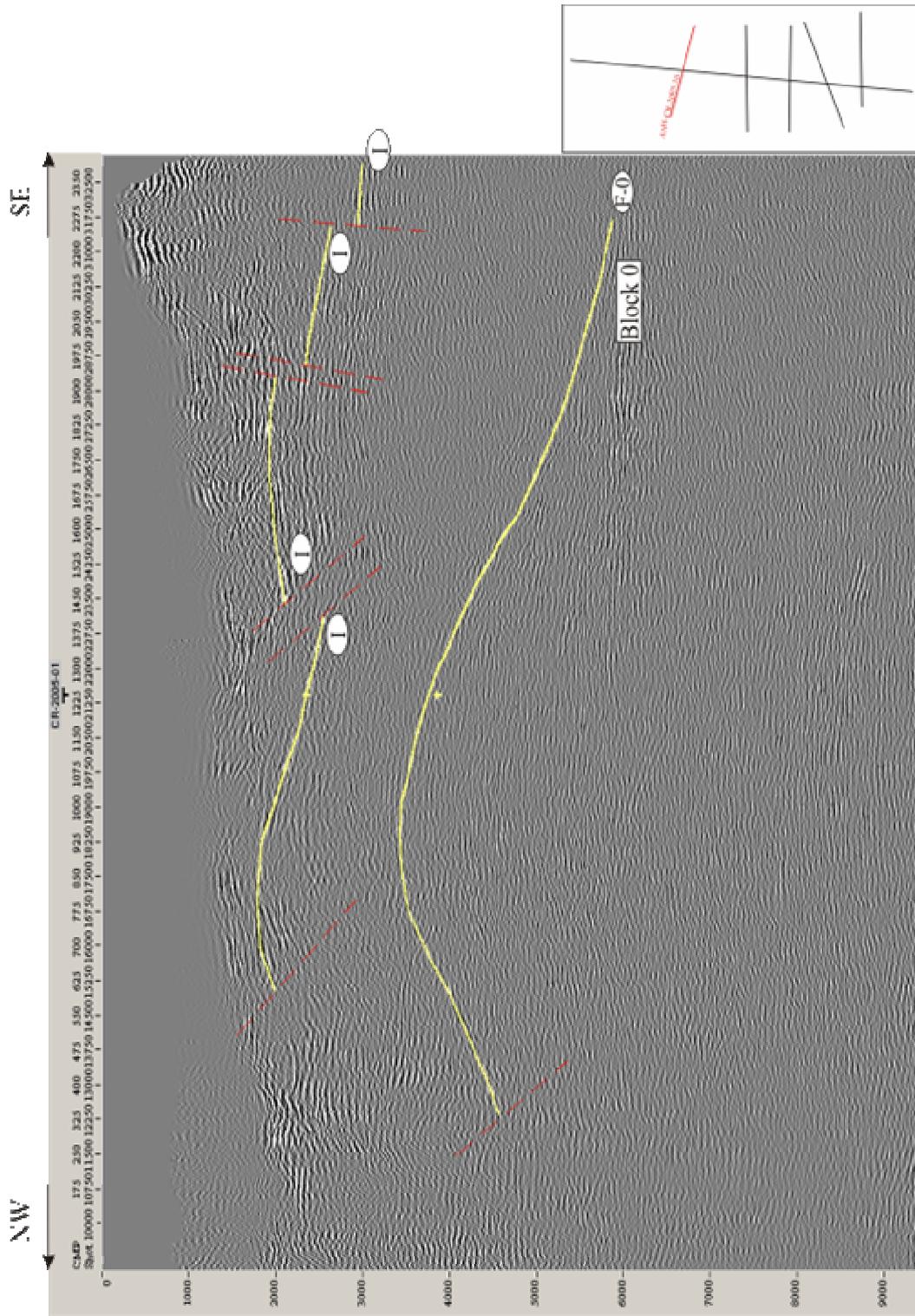


Figura 3.5 Sección en tiempo de la línea ANH-CR-2005-10

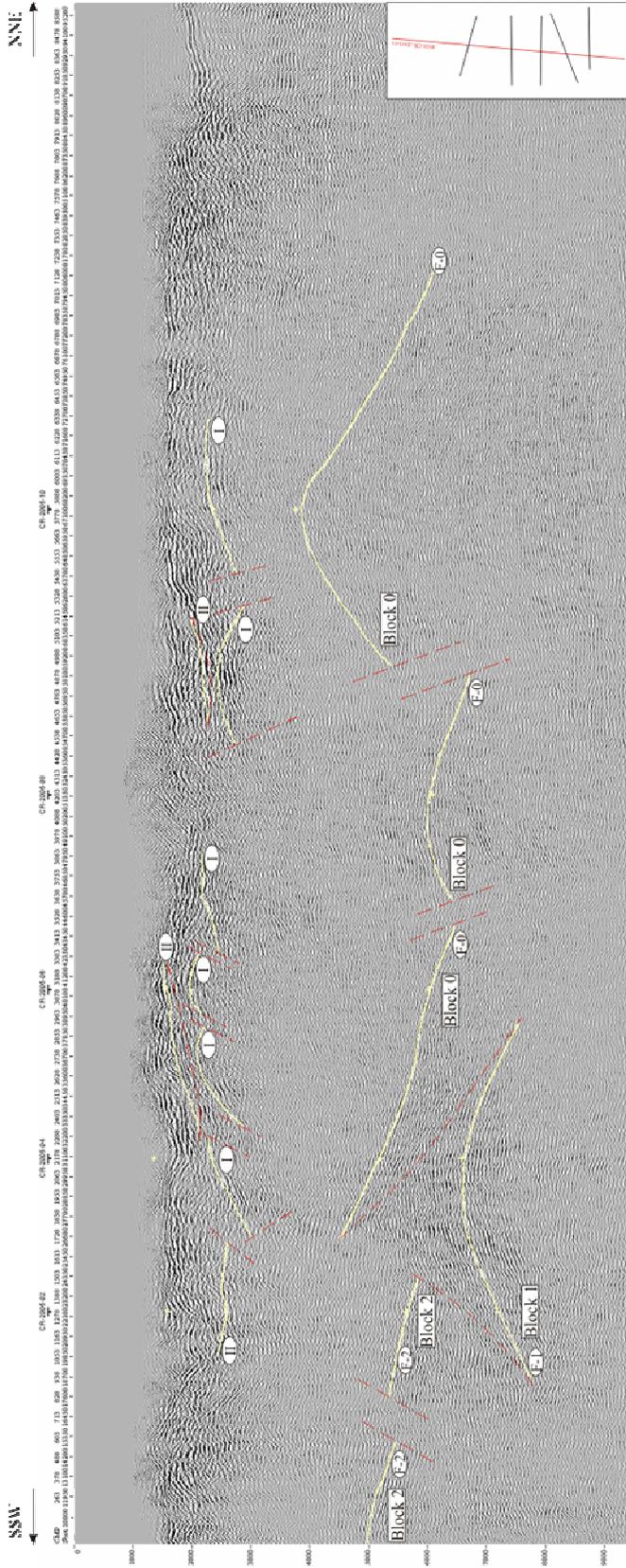


Figura 3.6 Sección en tiempo de la línea ANH-CR-2005-10

El Bloque del Basamento en el oriente (?) que recibe el nombre de Bloque 0, se puede ver en la línea ANH-CR-2005-01 (estacas 26500 - 81000), ANH-CR-2005-02 (estacas 9800-22500), ANH-CR-2005-04 (estacas 18900 - 37740), ANH-CR-2005-06, (estacas 19500 - 35400), ANH-CR-2005-08 (estacas 17800-28700) y ANH-CR-2005-10 (estacas 12300 - 31750). La superficie del Bloque 0 corresponde al horizonte condicional de reflexión F-0, identificado con el tope del Basamento en este bloque. Al occidente el Bloque 0 está limitado por la línea de cabalgamiento, por la cual, éste cubre al Bloque 1 en dirección este - oeste en 2.4 - 9.4 Km (el mayor cubrimiento se observa en la línea ANH-CR-2005-04) (anexo de figuras 3; figura 3.1.) En la superficie de isócronas del Bloque 0 se pueden ver dos anomalías positivas (zonas de levantamiento). La primera de ellas (de forma anticlinal) se muestra en la parte norte del bloque (en el área de las estacas 15000 - 22000 de la línea ANH-CR-2005-10). El ápice de la zona levantada está limitada por las isócronas 3.6 segundos (figura 3.5). La segunda zona levantada se nota en la parte sur del bloque (área de las estacas finales de la línea ANH-CR-2005-02). El valor mínimo T_0 aquí es de 3.2 segundos (figura 3.2). La zona, aparentemente, tiene su continuación al sur fuera del límite del área investigada. Estas zonas levantadas están separadas una de la otra por una depresión con valores máximos T_0 de 6.2 segundos. La depresión nororiental de la superficie del bloque se sumerge con el mayor valor presentada T_0 (más de 7.0 segundos) en el Bloque 0 (estaca 28500 de la línea ANH-CR-2005-08). En la depresión sur occidental también se presenta una disminución de la superficie de las isócronas hasta T_0 igual 6.6 segundos (área de la estaca 20000 de la línea ANH-CR-2005-06). Por la línea meridional ANH-CR-2005-01 (área de las estacas 44300 - 45500 y 58200 - 58600) se observan dos zonas con pérdida de la continuidad del horizonte condicional de reflexión F-0 componente de la parte norte y sur de la depresión. Estas zonas con pérdida de la continuidad, presumiblemente con rumbo este - oeste, los autores del informe, las identifican como zonas de falla. La caída del T_0 , en los diferentes lados de la zona sur que presenta pérdida de la continuidad, se calcula en el orden de 0.2 segundos y hacia el norte en más de 1.2 segundos.

El Bloque del Basamento (?) con el número 2 se ubica en el occidente de la parte sur del área investigada. Este se puede ver en las líneas ANH-CR-2005-01, ANH-CR-2005-02, ANH-CR-2005-04, ANH-CR-2005-06 y ANH-CR-2005-08, en las cuales se encuentra a 7 - 15 Km del comienzo de las líneas (anexo de figuras 4). Por el oriente el Bloque 2 se halla limitado por un cabalgamiento, a través del cual, este cubre al Bloque 1 localizado más abajo entre 4.8 - 7.5 Km (el mayor cubrimiento se fija en la línea ANH-CR-2005-02) (anexo de figuras 4; figura 3.3). El tiempo máximo de registro de la superficie de este bloque, por el horizonte condicional de reflexión F-2, se observa en el área de la estaca 975, de la línea ANH-CR-2005-02 y corresponde a 6.0 segundos. Desde aquí la superficie del bloque se levanta hacia el noroccidente (en las estacas iniciales de la línea ANH-CR-2005-08) hasta un valor T_0 de 3.1 segundos (el valor mínimo T_0 para este bloque). Hacia el sur de la línea ANH-CR-2005-02 (en

las estacas iniciales de la línea ANH-CR-2005-01), se presenta, igualmente, el levantamiento de la superficie del bloque hasta un T_0 igual a 5.0 segundos. El levantamiento de la isócrona de la superficie hacia el sur esta compuesto por una zona, con pérdida de reflexiones del horizonte condicional de reflexión F- 2, (estacas 15250 – 17450 de la línea ANH-CR-2005-01), relacionada con zona de fallas (figura 3.6). La caída del T_0 en la superficie del bloque, en esta zona, corresponde a menos de 100 ms. El levantamiento de la superficie del bloque en dirección sur, seguramente, continúa también fuera del límite sur del área investigada. Otra zona que presenta pérdida de reflexión del horizonte condicional de reflexión F-2, e igualmente, relacionada con zona de fallas, se observa en el área de las estacas 10900 – 12500, de la línea ANH-CR-2005-06. La relación de la superficie del Basamento (?) (tope?) del bloque 2, en la parte más occidental, con la superficie (tope) del basamento, en la propia cuenca del Cesar, queda hasta hoy no aclarado por varios motivos, entre estos, debido a la continuidad limitada de las líneas con orientación este - oeste. Las líneas sísmicas debieron comenzarse en el valle de la cuenca, donde las condiciones sismo-geológicas son mejores y la posibilidad de obtener reflexión del tope del basamento aumenta.

Los horizontes condicionales de reflexión I y II representan la estructura de algún contacto estratigráfico dentro de los sedimentos jurásicos; que yacen más abajo de los sedimentos de la formación La Quinta, que afloran en el macizo Serranía del Perijá; y están relacionados con un único horizonte condicional de reflexión. La división, de este horizonte condicional de reflexión, en dos bloques diferentes (I y II) fue hecha por los autores del informe, por considerar que estos caracterizan diferentes bloques: el Bloque I y el Bloque 2. El horizonte condicional de reflexión en el límite del Bloque I se identifica como I y la reflexión relacionada con el Bloque 2 (la cual, a su vez, se divide en varios bloques tectónicos) – se identificó como horizonte condicional de reflexión II.

El Bloque I, por ubicarse en el centro del área investigada, se identifica en la línea ANH-CR-2005-01 (estacas 26500 – 48100 y 54100 – 72600), ANH-CR-2005-04 (estacas 17300 – 25400), ANH-CR-2005-06 (estacas 17000 – 28150) y ANH-CR-2005-10 (estacas 15000 – 32800). La línea ANH-CR-2005-02 y ANH-CR-2005-08, y de igual forma, los intervalos de las estacas 9330-26500, 48100-54100 y 72600- 95970 de la línea ANH-CR-2005-01 se hallan en la zona con pérdida de la continuidad del horizonte condicional de reflexión I (anexo de figuras 5; figura 3.1 – 3.7). La zona en donde se pierde la continuidad del horizonte condicional de reflexión I en el intervalo de las estacas 48100 – 54100 de la línea ANH-CR-2005-01, divide al Bloque I en dos segmentos: sur y norte. El Bloque I, posiblemente, esta limitado al occidente por un plano de cabalgamientos (?) (fallas inversas?) y al oriente por el plano de una falla inversa, por la cual se desplaza (cabalga?) el Bloque II.

El segmento sur, con una extensión de 6 – 8 km de ancho y 21.5 km de largo, esta dividido por zonas no muy extensas, que presentan pérdida de la continuidad del horizonte condicional de reflexión I, y están relacionadas con zona de fallas de dirección este - oeste en cuatro bloques. La superficie de isócronas sobre el horizonte condicional de reflexión I, en cada uno de los bloques, forma una anomalía en forma de anticlinal en la dirección de la línea. En el bloque ubicado más al sur este anticlinal se identifica en la línea ANH-CR-2005-04 y en los tres bloques al norte la curvatura se identifica en la línea ANH-CR-2005 01 (anexo de figuras 5; figura 3.1, 3.6). La anomalía positiva T_0 , en el bloque sur, tiene forma anticlinal y esta limitada al norte por la zona con pérdida de continuidad del horizonte condicional de reflexión I (zona de fallas) con caída de T_0 de 500 ms. Al occidente, sur y oriente el ápice del anticlinal esta limitado por la isócrona 2.3 segundos. En los tres bloques ubicados al norte la anomalía positiva T_0 , en el contraste del levantamiento de la isócrona de la superficie desde el noroccidente al suroriental, forma una saliente estructural que se abre en dirección noroccidental y suroriental. El valor T_0 mínimo en los bloques difiere y cambia de norte a sur de la siguiente forma: 2.2 segundos; 1.9 segundos; 2.1 segundos y 2.3 segundos. La caída del valor T_0 a lo largo de la zona sin presencia de continuidad es de 150 – 500 milisegundos (anexo de figuras 5).

El segmento norte, con una extensión de 18 por 18 Km, dividido por la zona con pérdida de continuidad del horizonte condicional de reflexión I, esta relacionado con zonas de fallas de dirección este - oeste en dos bloques: norte y sur (anexo de figuras 5).

En el Bloque sur, la superficie de isócronas del horizonte condicional de reflexión I forma una anomalía positiva (en la isócrona 2.5 segundos) en forma de nariz de anticlinal (curvatura positiva en la línea ANH-CR-2005 01). Al norte y al sur de la anomalía positiva se ubican anomalías negativas con valores T_0 de 2.9 y 2.7 segundos respectivamente.

En el Bloque norte, en la línea ANH-CR-2005-10, se establecen tres zonas con pérdida de continuidad del horizonte condicional de reflexión I que están relacionadas con zonas de fallas (anexo de figuras 5; figura 3.5). A través de estas zonas, el Bloque norte se divide en cuatro bloques independientes. En el Bloque occidental la superficie de isócronas se levanta desde el sur oriente hacia el nor occidente de 2.7 a 1.9 segundos. En el área de las estacas 15600 – 18500 de la línea ANH-CR-2005-10 existe una curvatura positiva, en la isócrona 1.9 segundos, la cual forma una zona levantada de registro del horizonte condicional de reflexión I. Desde el noroccidente y el occidente esta zona de levantamiento esta limitada posiblemente, por un plano de cabalgamiento (?) (falla inversa (?)). El ancho del bloque en la dirección de la línea ANH-CR-2005-10 es de 8.2 Km. La superficie de isócronas ubicada al oriente del bloque forma una anomalía positiva (por la isócrona 2.0 segundos) en forma de saliente estructural (?), que se levanta al oriente (?) (anexo de figura 5; figura 3.5). La forma de la anomalía positiva T_0 y su

orientación no han sido establecidas con seguridad ya que no se cuenta con más líneas sísmicas al norte de la línea ANH-CR-2005-10. Las superficies de isócronas de los dos bloques orientales se levantan de forma monoclinal desde la magnitud T_0 2.9 segundos hasta 2.4 segundos (anexo de figuras 5; figura 3.5).

El horizonte condicional de reflexión II, en el Bloque II, se encuentra en las líneas ANH-CR-2005-01 (estacas 20000 – 26500, 32300 – 42100 y 55500 – 62300), ANH-CR-2005-02 (estacas 2600 - 14000), ANH-CR-2005-04 (estacas 232000 – 36500) y ANH-CR-2005-06 (estacas 18900 – 26700). Las líneas ANH-CR-2005-08 y ANH-CR-2005-10 y de igual forma, los intervalos de las estacas 9330-20000, 26500-32300, 42100-55400 y 62300 hasta el final de la línea ANH-CR-2005-01 se hallan en la zona sin presencia de continuidad del horizonte condicional de reflexión II (anexo de figuras 6; figura 3.1 – 3.7). Dicha zona, en el intervalo de las estacas 42100-55400, de la línea ANH-CR-2005-01, divide el Bloque 2 en dos segmentos: sur y norte. Al occidente el Bloque I posiblemente esta limitado por una plano de cabalgamiento (?) (falla inversa?), a través del cual se desplaza (cabalga?) sobre el bloque I. El mayor cubrimiento del Bloque II sobre el Bloque I en dirección este - oeste se observa en la línea ANH-CR-2005-06 y se calcula en 4.9 km (figura 3.3). Hasta hoy no queda claro aún, con que se relaciona el límite del Bloque II al oriente.

En los límites del segmento sur la superficie de isócronas del horizonte condicional de reflexión II, se sumerge de oriente a occidente, desde los valores mínimas T_0 1.0 – 1.5 segundos hasta el máxima de 2.7 segundos. El valor mínimo T_0 esta fijada en el área de las estacas 26000, de la línea ANH-CR-2005-06 y 14000 de la línea ANH-CR-2005-02 (anexo de figuras 6). El sumergimiento de la superficie de isócronas se altera por la presencia de tres zonas, con pérdida de continuidad del horizonte condicional de reflexión II de rumbo norte - sur, las cuales dividen al segmento sur en cuatro bloques de rumbo norte - sur. Dichas zonas se relacionan con zonas de fallas normales (anexo de figuras 6).

El segmento del Bloque II se extiende 6.8 km por la línea ANH-CR-2005-01. En sus límites la superficie de isócrona del horizonte condicional de reflexión F-II se levanta de sur a norte 200 ms (de 2.2 segundos a 2.0 segundos) (anexo de figuras 6).

El horizonte condicional de reflexión K (en la base (?) de los sedimentos del Cretácico) se observa en las líneas ANH-CR-2005-01 (estacas 21300 – 37500), ANH-CR-2005-02 (estacas - 470 – 7840 y 12760 – 22770), ANH-CR-2005-04 (estacas 9010 – 23200) y ANH-CR-2005-06 (estacas 7980 – 21200). Las líneas ANH-CR-2005-08 y ANH-CR-2005-10, el intervalo de las estacas 9330-21300 y 37500 hasta el final de la línea ANH-CR-2005-01 y por último, los intervalos de las estacas de la línea ANH-CR-2005-02 coinciden con la zona sin continuidad del

horizonte condicional de reflexión K (anexo de figuras 7; figura 3.1 – 3.7). La zona sin presencia de continuidad del horizonte condicional de reflexión K, en el intervalo de las estacas 7840 – 12760 de la línea ANH-CR-2005-02, divide la superficie de isócronas (esquema de isócronas) en dos partes: occidental y oriental. Las zonas sin presencia de continuidad del horizonte condicional de reflexión K están relacionadas, desde el punto de vista de los autores, con su acuñamiento producto de la erosión. Estas zonas limitan la superficie de isócronas del horizonte condicional de reflexión K al sur, oriente y norte. El horizonte condicional de reflexión K, en dirección occidental, en la línea ANH-CR-2005-02, se sumerge en la parte interior de la cuenca del Cesar. De acuerdo al esquema de isócronas (anexo de figuras 7) el sumergimiento de la superficie de las isócronas, en la parte occidental del mapa, se produce con un valor T_0 de 1.7 segundos (de 1.1 segundos a 2.8 segundos). El comportamiento de la superficie de isócronas por la línea ANH-CR-2005-06 presenta otra configuración: en dirección oriente – occidente al principio se sumerge y luego (a través de la depresión) comienza a levantarse hacia el lado de las estacas iniciales. La magnitud del levantamiento T_0 es de 300 ms. La parte oriental del mapa de isócronas se presenta en dirección de la línea ANH-CR-2005-02. La superficie de isócronas en esta parte crea una anomalía positiva (en la línea se observa una curvatura positiva). Los mínimos valores T_0 corresponden aquí a 0.7 s (área de la estaca 15875), al occidente éstas aumentan a 0.9 segundos y al oriente hasta 1.2 segundos (anexo de figuras 7).

Al final de la descripción de los resultados geológicos del trabajo nuevamente se recalca, que debido a la ausencia de datos de la velocidad del perfil del territorio estudiado, en el informe no se incluyen los mapas estructurales en los límites de la sección de trabajo. Los autores del trabajo intentaron realizar los mapas estructurales (con ayuda de las velocidades de los CDP), pero los resultados obtenidos no fueron correctos. Con los mapas estructurales obtenidos se puede juzgar, sólo, con relación a la calidad de los bloques identificados sin cálculo cuantitativo de su posición en el corte.

La realización de los mapas de tiempo (y sus borradores) no confirman el punto de vista de algunos investigadores colombianos, sobre el amplio desarrollo en los límites del área de trabajo, de cabalgamientos, por las cuales los sedimentos Jurásico – Paleozoicos de la serranía del Perija cabalgan en la cubierta sedimentaria de la cuenca del Cesar. El análisis del material sísmico, desde el punto de vista de los autores del informe, permite la presencia aquí de dislocaciones de cabalgamientos, pero su distribución, posiblemente tocó escasamente los sedimentos del complejo Paleozoico (“mudo” desde el punto de vista de la exploración sísmica). Es decir, el plano de cabalgamientos (o de un cabalgamiento) se ubica en el interior del complejo Paleozoico: por ambos lados se encuentran rocas del Paleozoico. Como una confirmación indirecta de esto, está el hecho de que, desde el punto de vista de los autores del

informe, el patrón de ondas correspondiente al intervalo de la sección del Cretácico, se diferencia profundamente del patrón de ondas de los paquetes, que se identificó con el tope del basamento. La diferencia tiene que ver con expresión dinámica, la continuidad y el contenido de frecuencias de los paquetes de ondas indicadas. Esta concepción es la base del modelo de construcción del territorio estudiado y presentado en el presente informe.

CONCLUSIONES

1. Se cumplió el objetivo geológico de los trabajos de procesamiento e interpretación de datos sísmicos, obtenidos durante la exploración sísmica de reflexión -2D en la cuenca Gasopetrolífera Cesar-Ranchería (República de Colombia). Se procesó e interpretó todo el material sísmico, entregado a JSC "Saratovneftegeofisica".
2. Se procesaron e interpretaron 218.07 Km de líneas sísmicas regionales.
3. Se estudió la estructura geológica de la zona de articulación de la cuenca del Cesar con el macizo de la serranía del Perijá.
4. En el territorio de investigación se construyeron los mapas de isócronas (T_0) por los siguientes horizontes condicionales de reflexión: F-0, F-1 y F-2 – de la superficie del basamento (?) en los bloques 0, 1 y 2; I y II – sedimentos interiores del Jurásico (?) en los bloques I y II; K – en la base (?) de los sedimentos del Cretácico, escala 1:100.000. Debido a la ausencia de datos de pozos no se realizaron mapas en profundidad.

RECOMENDACIONES

1. Proseguir con los trabajos de exploración sísmica con el fin de continuar el estudio de la estructura geológica de la zona de articulación de la parte oriental de la cuenca del Cesar y el macizo de la serranía del Perijá.
2. Para la correlación de los horizontes de reflexión registrados y un estudio detallado de a estructura de la zona de la articulación de, la parte oriental de la cuenca del Cesar y del macizo Serranía del Perijá, prever durante la proyección de nuevas líneas de exploración sísmica la necesidad de ampliar el área de exploración, prolongando las líneas a la parte central del valle de la cuenca Cesar-Ranchería en áreas de la cubierta sedimentaria tectónicamente más tranquilas y en el territorio de las investigaciones anteriores.
3. Para aumentar la calidad de las posteriores investigaciones es necesario tener en cuenta la información de exploración sísmica, que ya se tiene de la cuenca Cesar-Ranchería y todos los datos de pozo.
4. Con el fin de estudiar las características de los parámetros de la sección sedimentaria y la estructura geológica del territorio, se debe perforar un pozo estratigráfico en el área de la estaca 22500 de la línea ANH-CR-2005-04 (figura 3.1). El objetivo de la perforación es obtener datos estratigráficos sobre la estructura de la sección sedimentaria y el estudio desde el punto de vista petrolífero de la anomalía positiva por T_0 , identificada por el horizonte condicional de reflexión I, en los límites del bloque I, la cual corresponde a una estructura anticlinal. Profundidad del pozo: de 3000 m hasta encontrar sedimentos relacionados con el horizonte condicional de reflexión I y las rocas inferiores.
5. Con el fin de definir los parámetros de velocidad del medio geológico, y de igual forma, para obtener información geológica complementaria de los datos sísmicos, utilizar la tecnología de la migración profunda sobre el apilado en las siguientes investigaciones sísmicas en dicho territorio.

Autores del informe:

Geofísico responsable: PI GETSOI

Olishanski A. S.

Geólogo director PI GETSOI

Kuzmin E. L.

Geofísico senior (ph. D. en C. G.)

Maslianski V. V.