
LEVANTAMIENTO AEROGRAVIMETRICO Y AEROMAGNETICO



**Programa Aerogravimétrico Y Aeromagnético De la
Cuenca del Yarí-Caguán, Colombia Contrato No.
2052332**

Diciembre 10 de 2005 – Febrero 24 de 2006

Para

**Fondo Financiero de Proyectos de Desarrollo (FONADE)
y Agencia Nacional de Hidrocarburos (ANH)**

INFORME FINAL DE INTERPRETACIÓN

ABRIL 2006

Interpretado Por: Víctor Graterol

Carson Helicopters, Inc./Aerogravity División
952 Blooming Glen Road
Perkasie, Pennsylvania 18944 USA

**AGENCIA NACIONAL DE HIDROCARBUROS (ANH)
CUENCA DEL YARI-CAGUAN, COLOMBIA**

CONTENIDO

	Página
RESUMEN EJECUTIVO	3
1.0 INTRODUCCIÓN	4
2.0 DESCRIPCIÓN Y LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DEL LEVANTAMIENTO	6
3.0 INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS GRAVIMÉTRICOS y MAGNETICOS	7
3.1 Anomalía de Bouguer e Intensidad Magnética Total	8
3.2 Separación Regional-Residual	10
3.2.1 Residuos Gravimétricos Matemáticos	12
3.2.2 Regional y Residual Controlados	13
3.3 Mapa de Interpretación Estructural	14
3.4 Resultados de la Magnetometría	14
3.5 Modelaje Gravimétrico-Magnético	14
3.6 Residuos Magnéticos de la IMTRP	16
4.0 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	16
REFERENCIAS	19
ANEXO “A” (Puntos de Control)	21

**AGENCIA NACIONAL DE HIDROCARBUROS (ANH)
CUENCA DEL CAGUAN, COLOMBIA**

ANEXO DE FIGURAS

		Página
Figura A	Columna Estratigráfica – Cuenca Yari-Caguan	25
Figura 1	Localización y Relieve Topográfico del Area	26
Figura 2	Anomalía de Bouguer ($p=2.30$) (Datos Aéreos)	27
Figura 3	Bouguer Residuo Polinómico de GRADO 3	28
Figura 4	Bouguer Residuo 1ra Derivada Vertical	29
Figura 5	Intensidad Magnética Total (IMT) Elevación Baja	30
Figura 6	Intensidad Magnética Total (IMT) Elevación Alta	31
Figura 7	Intensidad Magnética Total (IMT) Elevaciones Alta y Baja	32
Figura 8	Intensidad Magnética Total Reducida al POLO (IMTRP)	33
Figura 9	Regional Gravimétrico con Control Geológico Tope Bas. PreCr.	34
Figura 10	Residual Gravimétrico con Control Geológico Tope Bas. PreCr.	35
Figura 11	Tope del Basamento Pre-Cr (Inversión 3D del Residuo Controlado)	36
Figura 12	MAPA DE INTERPRETACION ESTRUCTURAL Tope del Basamento Pre Cr.	37
Figura 13	Modelaje Grav. y Mag. PERFIL 1	38
Figura 14	Modelaje Grav. y Mag. PERFIL 2	39
Figura 15	Modelaje Grav. y Mag. PERFIL 3	40
Figura 16	Modelaje Grav. y Mag. PERFIL 4	41
Figura 17	Basamento Magnético Dec. Euler (Contacto Magnético)	42
Figura 18	Tope del Basamento Precámbrico	43
Figura 19	Modelaje Grav. Y Mag. PERFIL 5	44
Figura 20	Modelaje Grav. Y Mag. PERFIL 6	45
Figura 21	Espesores de Sedimentos Paleozoicos	46
Figura 22	Intensidad Magnética Total Reducida al Polo(IMTRP) 1ra Derivada Vertical	47
Figura 23	Intensidad Magnética Total Reducida al Polo(IMTRP) Residual Filtro Pasabanda (2km-30km)	48
Figura 24	Intensidad Magnética Total Reducida al Polo(IMTRP) Residual Polinómico de Grado 3	49
Figura 25	Intensidad Magnética Total Reducida al Polo(IMTRP) Residual Cont. Campo Arriba 10 Km.	50

RESUMEN EJECUTIVO

Durante los meses de Diciembre del 2005 hasta Febrero del 2006 Carson Helicopters Inc. (Aerogravity División) realizó la adquisición y procesamiento de un levantamiento Aerogravimétrico y Aeromagnético sobre la Cuenca del CAGUAN para FONADE-ANH. Un avión turbo De Havilland Twin Outer realizó la adquisición de aproximadamente 8.280 Kilómetros de datos aerogravimétricos y aeromagnéticos respectivamente, sobre una malla de vuelo de 24Kmx12Km. Los datos geofísicos se adquirieron, respectivamente, a alturas promedio de 1370.3 Metros y 4572.0 Metros sobre el nivel del mar. Diariamente se analizaron y procesaron para su control de calidad y aprobación final en las instalaciones de CARSON en Perkasié – Pensilvania – USA.

El Dr. Víctor Graterol analizó los trabajos de procesamiento e interpretó los datos finales gravimétricos y magnéticos. La interpretación incluyó el mallado de los datos con espaciamiento de los puntos de la grilla cada 2000 Metros y tuvo como principal objetivo elaborar el mapa del tope estructural del Basamento Pre-Cretácico. Aunque se emplearon filtros matemáticos, la principal fase de filtrado se realizó con estricto CONTROL GEOLÓGICO aportado por FONADE-ANH (profundidades al tope del basamento provenientes de mapas geológicos de superficie, pozos e interpretación sísmica 2D).

La interpretación combina los datos gravimétricos y magnéticos con la información de líneas sísmicas 2D, mapas geológicos de superficie y profundidades de pozos. Se define la localización y extensión en planta de los contrastes de densidad que causan las estructuras de interés petrolero. Se determinaron tendencias, fallas regionales y locales, así como otros elementos de interés en la exploración de hidrocarburos. El mapa de Interpretación Estructural muestra la complejidad estructural del tope del basamento Pre-Cretácico. Se muestra claramente como este, aflora tanto en el Pie de Monte de la Cordillera Oriental como en la Serranía de La Macarena. Los mayores espesores de las secuencias Terciarias y Cretácicas ocurren a ambos lados de La Macarena y en la esquina Sur-oriental del presente levantamiento, donde se observan valores superiores a los 3000 Metros. El mapa de Interpretación Estructural de la Cuenca de Yari-Caguán muestra sub-cuencas donde se han sombreado tres altos estructurales de basamento que pueden haber originado estructuras de entrapamiento en las secuencias Cretácicas-Terciarias suprayacentes. En los flancos de estas sub-cuencas, tanto contra la Sierra de La Macarena como el Pie de Monte Cordillerano hay que prospectar por acuíferos estructurales. Tanto el modelaje gravimétrico-magnético, como la interpretación estructural del tope del Basamento Pre-Cretácico, sustentan que la estructuración existente de orientación predominante nor-noroeste en la Cuenca Yari-Caguán aparenta una estrecha relación con la Cuenca de Putumayo y la continuación dentro de Colombia de las orientaciones estructurales Ecuatorianas. No se detectó en este estudio ninguna orientación relacionada con el propuesto Alto de Florencia. Sin embargo es posible su existencia al sur del presente levantamiento. Los principales altos de basamento y áreas donde se detectaron los mayores espesores de las secuencias Cretácicas-Terciarias-Cuaternarias, justifican un estudio regional de sísmica 2D o directamente una perforación exploratoria estratigráfica.

**AGENCIA NACIONAL DE HIDROCARBUROS (ANH)
CUENA DEL CAGUAN, COLOMBIA**

1.0 INTRODUCCION

En este informe se presenta la interpretación gravimétrica y magnética de la Cuenca del Yari-Caguán. Toda la zona ocupada por el levantamiento aerogravimétrico-aeromagnético, se encuentra limitada al occidente por la Cordillera Oriental, al noreste y este por la Serranía e La Macarena y al sur-suroeste por la parte norte de la Cuenca de Putumayo. La cuenca de Yari-Caguán ha sido rellenada por sedimentos Paleozoicos, Mesozoicos, Terciarios y Cuaternarios depositados sobre un Basamento Cristalino de edad Precámbrica de composición muy compleja (tonalitas, monzogranitos, sienogranitos, granodioritas, cuarzodioritas, andesitas, riolitas y traquitas). El objetivo exploratorio principal se concentra en la localización de espesores sedimentarios que pudiesen originar generación y entrapamiento de hidrocarburos.

En este informe se presenta la interpretación aerogravimétrica y aeromagnética del levantamiento realizado por CARSON HELICOPTERS Inc. sobre la cuenca señalada. La interpretación se concentró en la definición del tope del basamento Pre-Cretácico, en forma de definir tanto la localización de las áreas donde pudiesen existir los mayores espesores de las secuencias Cretácicas y Terciarias, así como también altos estructurales del mismo que pudiesen entrapar hidrocarburos en las facies arenosas y calcáreas de las formaciones existentes y sus acuíferos estructurales a medida que el basamento se hace somero.

Los propósitos fundamentales de esta interpretación fueron los siguientes:

- **Definir en una forma rápida y económica, (utilizando la información gravimétrica y magnética, integrada con los datos de pozos y sísmica existentes), el TOPE ESTRUCTURAL del Basamento Pre-Cretácico;**

- **Elaborar el Mapa Estructural del Basamento Pre-Cretácico** donde se representen los principales altos, bajos, lineaciones y otros elementos geológicos de interés en la exploración de hidrocarburos;
- **Realizar la interpretación gravimétrica del Tope del Basamento PRECAMBRICO** de la Cuenca del Yari-Caguán;
- **Evaluar cualitativa y cuantitativamente los datos gravimétricos y presentar una explicación geológica de la distribución de las anomalías geofísicas;**
- **Identificar la localización, profundidad y extensión de las anomalías residuales y obtener información referente a la geometría de las estructuras presentes para definir las mejores posibilidades en la ocurrencia de hidrocarburos;**
- **Calcular los Residuos de la Intensidad Magnética Total Reducida al Polo (IMTRP);**
- **Elaborar una base de datos de CONTROLES para el Basamento Precámbrico y el Basamento Pre-Cretáceo.**
- **Detectar y definir fallas locales y regionales;**
- **Proponer y recomendar los trabajos exploratorios subsiguientes en aquellos sitios donde esta interpretación revele áreas de interés.**

Adicional a los Puntos de Control del Basamento Pre-Cretácico se pudo elaborar una base de datos de CONTROLES para el Basamento Precámbrico. En este caso se tomaron de la base de datos del Basamento Precretácico, solamente los puntos correspondientes a los afloramientos de las unidades cristalinas Precámbricas. Adicionalmente algunos pozos de la parte norte de la Cuenca del Putumayo (Solita-1, Balastrera-1, Caimán-4 y Mandur-4) y al norte del área del levantamiento aerogeofísico (Pozos Anaconda-1 y Negritos-1) y dentro de Yari-Caguán intersecaron el basamento en referencia.

Con estos nuevos puntos de control se repitió el procedimiento de separación REGIONAL-RESIDUAL con control Geológico y se obtuvo el Tope del Basamento Precámbrico.

La **Figura 18** muestra la inversión gravimétrica tridimensional del Residuo Controlado que corresponde al tope del Basamento Precámbrico. Se puede notar que este mapa es similar en forma al correspondiente para el Basamento Precretácico (**Figura 11**); sin embargo se nota claramente como los contornos estructurales aumentan en magnitud hacia la esquina sur-oriental del área volada, al este de la Sierra de La Macarena y hacia el macizo de Getame, Pie de Monte Llanero y los Llanos Colombianos. Estos aumentos en la profundidad indican donde se encuentran presente los mayores espesores de las unidades Paleozoicas.

La región cubierta por este levantamiento es objeto de exploración petrolera. Se han realizado trabajos terrestres puntualizados de sísmica 2D, y perforación de pozos principalmente con objetivos estratigráficos. Los contrastes de densidad y susceptibilidad magnética en la interfase Mesozoica – Paleozoica y Paleozoica - Precámbrica, producen anomalías gravimétricas y magnéticas RESIDUALES. Por este motivo el análisis cualitativo y cuantitativo de los datos potenciales integrados con la sísmica y pozos existentes constituye el paso ideal inicial para tratar de resolver el problema propuesto.

2.0 DESCRIPCION Y LOCALIZACION DEL AREA DEL LEVANTAMIENTO

La Cuenca Yari-Caguán se encuentra limitada a lo largo de su borde sur-occidental y occidental por el Pie de Monte de la Cordillera Oriental, al oriente por la Sierra de La Macarena y al sur por la parte norte de la Cuenca de Putumayo.

Su relieve, por incluir los límites señalados es muy irregular, existiendo áreas muy abruptas relacionadas con las montañas descritas y zonas relativamente de relieve bajo y plano en la parte central y sur-oriental de este levantamiento. Su acceso es muy complicado y con graves problemas socio-económicos. Estos factores justifican plenamente el uso de métodos de exploración

aerotransportados. La **Figura 1** muestra la localización de la zona de interpretación, incluyendo el relieve topográfico existente. La Cuenca Yari-Caguán yace entre las Latitudes Norte Geográficas de 00 grados 50 minutos a 04 grados 10 minutos y Longitudes Oeste Geográficas de 73 grados 10 minutos a 75 grados 50 minutos.

3.0 INTERPRETACION DE LOS DATOS GRAVIMETRICOS Y MAGNETICOS

Anomalías y/o cambios en la aceleración de gravedad e intensidad magnética total (después que a las observaciones de campo se le aplican las correcciones respectivas por cambios de elevación, efectos topográficos y variaciones temporales), reflejan cambios en la densidad y susceptibilidad magnética de las rocas infrayacentes. Estas propiedades de las rocas se pueden emplear para obtener un modelo geológico del subsuelo. Las anomalías gravimétricas y magnéticas son funciones de la distancia entre el detector y la fuente (cuerpo geológico que las produce). En exploración petrolera, las anomalías gravimétricas son por lo general producidas por las estructuras de las secuencias sedimentarias suprayacentes y/o discontinuidades laterales de densidad, producidas por contactos de megasecuencias en profundidad. Las anomalías magnéticas se asocian al basamento de las cuencas, formado generalmente por unidades ígneo-metamórficas. La gravimetría y magnetometría proveen un amplio espectro de fuentes y es mediante una manipulación adecuada, donde se incluyen los conocimientos geológicos existentes, que estos datos potenciales pueden emplearse en forma exitosa en la búsqueda de hidrocarburos.

La interpretación de las anomalías gravimétricas y magnéticas se basa principalmente en el reconocimiento de su **(i) distribución y (ii) forma**. La distribución o carácter de un mapa potencial es un indicador poderoso de como las rocas y formaciones se distribuyen en el área ocupada por el levantamiento; puede proveer indicaciones de lineamientos, texturas y discontinuidades estructurales. Este tipo de interpretación se define como la **interpretación cualitativa**. La forma de las anomalías representadas tanto en planta como en perfiles, se emplea para determinar o definir la forma, posición y la magnitud de los contrastes de densidad y/o susceptibilidad magnética. En teoría, no es posible

encontrar una solución única de los métodos potenciales; pueden existir geometrías distintas que representen alguna anomalía en particular. En la práctica introduciendo al modelo información geológica u otros controles geofísicos, y haciendo que las soluciones potenciales respeten estos controles, se arriba a soluciones más reales. Este tipo de interpretación se conoce como **interpretación cuantitativa**.

La Cuenca de Yari-Caguán está rellena principalmente de sedimentos Terciarios-Cuaternarios (Formaciones Mirador, Arrayán, Serranía y Yari-Talanquero) , Mesozoicos (Grupo Macarena) y en menor volumen por secuencias Paleozoicas (Grupo Quejar y unidades Cámbricas). Estos sedimentos suprayacen un Basamento Igneo-Metamórfico de edad Precámbrica. En alguno de los Pozos perforados (Fuente-1821-X, San Juan-1, SA-13 y Uribe-1) se encontraron unidades Paleozoicas entre el basamento cristalino y las secuencias Mesozoicas.

Tal como se muestra en la Columna Estratigráfica de la **Figura A**, los sedimentos depositados en la Cuenca Yari-Caguán son predominantemente clásticos de baja densidad (2.1 Grs/c a 2.4Grs/cc). Estos sedimentos suprayacen un basamento Precretácico de alta densidad (2.6Grs/cc a 2.75Grs/c). En base a estos valores la Densidad de Bouguer que se empleó para transformar la Anomalía de Aire Libre en Anomalía de Bouguer fue de 2.30 Grs/cc. Todos los mapas que se presentan en este informe se elaboraron con el sistema gráfico GEOSOFT y empleando mallas finales de 2000 metros.

3.1 ANOMALÍA DE BOUGUER E INTENSIDAD MAGNÉTICA TOTAL (IMT)

En base a los cambios en el relieve topográfico, el levantamiento aerotransportado se efectuó a dos alturas diferentes. La porción plana a una altura promedio de 1370 Metros Sobre el Nivel del Mar y en las zonas montañosas del Pie de Monte Cordillerano a un promedio de 4570 Metros de altura. Dado el hecho de que las anomalías gravimétricas son producidas por contrastes de densidad muy alejados del sitio de medición de la aceleración de gravedad, su atenuación por el cambio en la altura de vuelo es prácticamente despreciable. En cambio no es así con la Intensidad Magnética Total. Estas anomalías son producidas por el basamento

ígneo-metamórfico Pre-Cretácico existente, que aflora en gran parte del Pie de Monte de la Cordillera Oriental (Macizos de Garzón y Quetame) y en la Sierra de La Macarena, por consiguiente los mapas de la Intensidad Magnética Total mostrarán cambios especialmente en la intensidad de las anomalías.

La **Figura 2** muestra el Mapa de Anomalía de Bouguer para una densidad de Bouguer de 2.30 Grs/cc.

La Anomalía de Bouguer deja ver claramente su estrecha relación con el contraste de densidad que existe entre las secuencias Terciarias y Mesozoicas con el Basamento Precretácico. Este contraste de valor aproximado -0.20 Grs/cc domina ampliamente el mapa de Bouguer. La anomalía positiva de gran extensión área, a lo largo del borde sur-oriental y en la zona central del levantamiento es producida por las rocas basamentales aflorantes o muy cerca de la superficie actual del terreno de la Sierra de La Macarena. Aunque a todo lo largo del borde occidental del levantamiento, aflora el Macizo de Garzón, la anomalía de Bouguer muestra valores negativos de gran intensidad, esta inversión se debe a la raíz de la Cordillera Oriental. Las áreas con valores negativos a ambos lados de la Sierra de La Macarena corresponden a las zonas de la Cuenca Yari-Caguán donde ocurren los mayores espesores de las secuencias Terciarias y Cretácicas. La alternancia de anomalías positivas y negativas en el Pie de Monte Cordillerano muestra la complejidad tectónica existente en el mismo, pudiendo existir minicuenas asociadas a la deformación compresional relacionada con el emplazamiento de dicha cordillera.

Las **Figuras 5 y 6** muestran la Intensidad Magnética Total correspondiente a las Alturas Baja y Alta y la **Figura 7** al mapa final de la Intensidad Magnética Total (IMT) al unir con el modulo "gridknit" de Geosoft las mallas de los dos levantamientos aeromagnéticos descritos.

La posición y forma de las anomalías magnéticas dependen no solo de las características físicas del cuerpo que las produce, sino de su orientación y posición dentro del campo geomagnético (asumiendo solamente magnetización inducida). En los polos, a altas latitudes magnéticas, las anomalías se localizan

encima del cuerpo, pero a latitudes intermedias, las anomalías poseen máximo y mínimo y el cuerpo se localiza aproximadamente en el punto de inflexión. El campo geomagnético (I.G.R.F.) para la posición del estudio en referencia muestra una Inclinación Magnética de +28.0 grados al norte y una Declinación Magnética de -5 grados al oeste; por consiguiente, los máximos de las anomalías estarán desplazados respecto a la posición del cuerpo que las produce. Para restaurar la posición de las anomalías magnéticas en forma de que coincidan con las gravimétricas, siempre y cuando el magnetismo remanente sea despreciable, se aplica la reducción al POLO o al ECUADOR. En este caso, al estar a una inclinación magnética intermedia, se aplicó la reducción al Polo y el resultado se muestra en las **Figura 8** (Intensidad Magnética Total Reducida al Polo, IMTRP).

El mapa de la IMTRP muestra una estrecha correlación con la Anomalía de Bouguer, las anomalías positivas corresponden a las unidades ígneo-metamórficas de las rocas basamentales del Macizo de Garzón, la Sierra de la Macarena y el Alto de Morcote en el extremo nor-oriental del levantamiento. De especial interés es la gran extensión que ocupa la anomalía magnética negativa al occidente del alto de La Macarena y oriente del Macizo de Garzón. Es en esta zona donde deben ocurrir los mayores espesores de las secuencias sedimentarias de interés.

No se observa con claridad ni en el mapa gravimétrico ni en el magnético la presencia del Alto de Florencia, estructura que aparentemente separa las Cuencas e Putumayo y Yari-Caguán. Es posible que la parte sur del presente levantamiento no llegue hasta esta estructura.

3.2 SEPARACION REGIONAL-RESIDUAL

Todo intento de interpretar un mapa de campo potencial comienza con la determinación de qué parte del campo observado puede ser ignorada para el objetivo de un estudio en particular; ("**Regional**") y cual parte es significativa para el objetivo principal de la interpretación ("**Residual**"). Es perfectamente aceptado en interpretación gravimétrica y/o magnética que el regional es "**is what you take out of the data to make what is left look like structure**", Nettleton (1971). La

separación regional-residual nunca podrá ser totalmente objetiva, depende en alto grado de la experiencia del intérprete, conocimiento de la geología del área, calidad de los datos potenciales y finalmente del objetivo de la interpretación en particular.

Por otra parte, por estar orientada esta interpretación a la exploración petrolera, efectos de pequeñas longitudes de onda, que normalmente poseen gran amplitud y que generalmente son producidos por concentraciones anormales (intrusiones máficas, mineralizaciones, unidades volcánicas y anomalías culturales), tienen que ser removidos. Las anomalías residuales (gravimétricas y magnéticas) se obtienen de los Mapa de Anomalía de Bouguer (AB) e Intensidad Magnética Total Reducida al Polo (IMTRP), por sustracción de las tendencias regionales. El proceso de separación regional-residual consiste en filtrar de la señal inicial (AB e IMTRP), las señales de pequeña longitud de onda y eliminar los gradientes o valores de fondo de amplitud y longitud de onda mayor. Este proceso se efectúa de varias formas:

Suavizado a Mano.

Ajuste por Polinomios.

Análisis en Dominio del Espacio.

. Derivadas

. Continuación de campo

Análisis Espectral - FFT

. Continuación de Campo

. Filtros de Pasa Banda

. Derivadas

. Filtros Direccionales

Separación con Control Geológico

Si revisamos la distribución de las observaciones gravimétricas en que se basa esta interpretación, podemos asumir que los procedimientos computarizados podrán reconocer caracteres estructurales cuya longitud de onda sea mayor de 2.5 a 4.0 Km. Sin embargo en los mapas de AB e IMTRP se pueden observar anomalías que pueden ser producidas por estructuras y/o cuerpos, los cuales

están por debajo de esta magnitud. Es posible que estas anomalías sean producidas por las rutinas de contorno del sistema gráfico empleado o por efectos culturales. Para los propósitos de este estudio, estos efectos no se consideran de importancia y pueden ser removidos por filtraje. Similarmente las anomalías de gran longitud de onda, provenientes de fuentes muy profundas también deben ser removidas para los efectos de esta interpretación.

Al analizar los Mapas de Anomalía de Bouguer e Intensidad Magnética Total Reducida al Polo y comparar sus anomalías con el conocimiento geológico-estructural que se posee, se puede inferir que existe un componente de contrastes de densidad y susceptibilidad magnética entre las unidades sedimentarias Mesozoicas, Terciarias y Cuaternarias contra el Basamento Cristalino Pre-Cretácico. Cualquier residual matemático siempre mostrará contribuciones del basamento. Para poder estimar la contribución gravimétrica y magnética solamente de las secuencias Terciarias y Cuaternarias, hay que efectuar **Separación Regional-Residual con Control Geológico**. En otras palabras, necesitamos obtener mapas residuales que no se encuentren afectados por efectos gravitacionales y/o magnéticos, provenientes de fuentes que se encuentren por debajo de la discontinuidad de densidad y susceptibilidad magnética señalada (Tope del Basamento).

3.2.1 RESIDUOS GRAVIMETRICOS MATEMÁTICOS

La malla empleada en la generación del mapa de Anomalía de Bouguer que se muestra en la **Figura 2**, fue la que se empleó en los procesos de Separación Regional-Residual que se describen a continuación. Las **Figuras 3 y 4** muestran respectivamente los residuos gravimétricos polinómico de la superficie de tendencia regional de grado 3 y la 1ra Derivada Vertical.

Todos los residuos matemáticos señalados, en general muestran resultados similares correlacionándose adecuadamente con los caracteres geológico-estructurales descritos. La similitud de estos residuos con la Anomalía de Bouguer original, implica que el Bouguer representa principalmente el fuerte contraste de

densidad existente entre las secuencias sedimentarias Mesozoicas, Terciarias y Cuaternarias contra el basamento cristalino Pre cretácico.

3.2.2 REGIONAL Y RESIDUAL CONTROLADOS

En este proyecto, el interés principal de la ANH se concentra en interpretar las estructuras y caracteres geológicos que existan por encima del tope del basamento Pre-Cretácico. Por este motivo el Tope Estructural de esta unidad constituyó el objetivo primario de esta interpretación. Por consiguiente, debemos obtener o aislar solamente la respuesta gravimétrica de las masas que existan, a partir de este tope estructural hasta la superficie actual del nivel del mar. La superficie regional debe construirse a partir de puntos de control donde la profundidad a esta interfase se conoce de otras fuentes (pozos, interpretación sísmica y mapas de geología de superficie).

CARSON Helicopters Inc. (Aerogravity División) ha desarrollado un procedimiento computacional el cual, a partir de los puntos de control, calcula un residual aproximado, mediante la aplicación de la ecuación de la atracción gravitacional de prismas verticales. Al conocerse también el valor de la Anomalía de Bouguer en cada punto de control, es muy fácil, por simple resta, estimar el valor de la componente regional en cada localización. Con los valores de este regional controlado, se construye la superficie regional final, que al restársela a la Anomalía de Bouguer Observada nos da el Mapa de Anomalía Residual Controlado.

Las **Figuras 9 y 10** representan el REGIONAL y RESIDUAL CONTROLADO del basamento Pre-Cretácico referidos a la altura de 1370m sobre el NMM. La **Figura 11** corresponde a la inversión 3D del Residuo Controlado que al restársele la altura de vuelo, representa el Tope del Basamento Pre-Cretácico referido al NMM; y por último la **Figura 12** muestra la INTERPRETACION ESTRUCTURAL del Basamento Pre-Cretácico que se obtiene de la **Figura 11**.

3.3 MAPA DE INTERPRETACION ESTRUCTURAL

El mapa de contornos estructurales provenientes de la inversión gravimétrica 3D del residuo con control geológico, constituyó la base para realizar la Interpretación Estructural del Basamento Pe-Cretácico. En este mapa se observa claramente no solo donde ocurren los mayores espesores de secuencias Mesozoicas, Terciarias y Cuaternarias, sino la interpretación de las principales fallas y otros caracteres estructurales.

De especial interés es la existencia de espesores superiores a los 2000 Metros referidos al NMM, de secuencias Cretácicas-Terciarias a ambos lados de la Sierra de La Macarena. Dentro de estas sub-cuencas, se han sombreado tres altos estructurales de basamento que pueden haber originado estructuras de entrampamiento en las secuencias Cretácicas-Terciarias suprayacentes. En los flancos de estas sub-cuencas, tanto contra la Sierra de La Macarena como el Pie de Monte Cordillerano hay que prospectar por acuíferos estructurales.

3.4 RESULTADOS DE LA MAGNETOMETRIA

Las estimaciones de profundidades magnéticas asumen que, en general las anomalías provienen de basamentos ígneo-metamórficos y que las secuencias sedimentarias son magnéticamente despreciables. También las profundidades dependen de los gradientes, inflexiones y picos de las anomalías sin considerar los caracteres físicos del cuerpo que las produce. La **Figura 17** muestra las soluciones de la Deconvolución de Euler para el Índice Estructural 0 (Contacto Magnético). En este mapa, se observa claramente la tendencia de soluciones someras a lo largo del borde occidental y sur-central del área de estudio, y altos y bajos basamentales que confirman los resultados de la interpretación gravimétrica.

3.5 MODELAJE GRAVIMETRICO-MAGNETICO

Para realizar el modelaje directo cuantitativo, se extrajeron, a lo largo de transectas seleccionadas por la ANH, perfiles del Residuo Controlado de la Anomalía de Bouguer, del tope del Basamento Pre-Cretácico y de la Intensidad

Magnética Total Reducida al Polo. También se elaboró un modelo geológico inicial, que incluyó los resultados de la inversión gravimétrica descrita anteriormente, el resumen de la geología regional y la interpretación estructural. Todos estos archivos constituyen la entrada de datos para el programa GM-SYS. La ubicación de los modelos que se presentan en este estudio se indica claramente en el mapa de interpretación estructural. El GM-SYS utiliza básicamente el método desarrollado por M. Talwani (1964). El procedimiento consiste en comparar la atracción gravitacional y/o magnética de un grupo de láminas poligonales que simulan la sección geológica inicial con su respectiva anomalía residual. El programa posee rutinas de modelaje directo e inverso que permiten una interpretación en tiempo real, visible en monitor a color de alta resolución. Las densidades iniciales empleadas fueron 2.7Grs/cc y 2.20 Grs/cc para el basamento y las secuencias sedimentarias Cretácicas-Terciarias-Cuaternarias respectivamente. El modelo es mejorado sucesivamente, añadiendo o modificando los elementos estructurales (fallas, contactos, etc.), y ajustando los contrastes de densidad; así como, los espesores de las capas, hasta que las anomalías observada y calculada se asemejen adecuadamente. Los modelos que se interpretaron, se presentan en las **Figuras 13 a 16**.

Se ubicaron en la **Figura 12** (Mapa de Interpretación Estructural del Basamento Precretácico) y **Figura 21**(Isopaco de Sedimentos Paleozoicos), dos transectas seleccionadas por la ANH (**Perfiles 5 y 6**). A lo largo de estos perfiles se extrajeron archivos digitales del Residuo Controlado de la Anomalía de Bouguer, del tope del Basamento Precámbrico, la Intensidad Magnética Total Reducida al Polo y los horizontes de la inversión gravimétrica tridimensional correspondientes a los topes de los basamentos Precretácico y Precámbrico. Estos archivos constituyen la entrada de datos para el programa GM-SYS. El GM-SYS utiliza básicamente el método desarrollado por M. Talwani (1964). El procedimiento consiste en comparar la atracción gravitacional y/o magnética de un grupo de láminas poligonales que simulan la sección geológica inicial con su respectiva anomalía residual. El programa posee rutinas de modelaje directo e inverso que permiten una interpretación en tiempo real, visible en monitor a color de alta resolución. Las densidades iniciales empleadas fueron 2.7Grs/cc y 2.20 Grs/cc para el basamento Precámbrico y las secuencias sedimentarias Cuaternarias-

Terciarias-Cretácicas-Paleozoicas respectivamente. El modelo es mejorado sucesivamente, añadiendo o modificando los elementos estructurales (fallas, contactos, etc.), y ajustando los contrastes de densidad; así como, los espesores de las capas, hasta que las anomalías observada y calculada se asemejen adecuadamente. Los dos modelos adicionales que se interpretaron, se presentan en las **Figuras 19 y 20**.

3.6 RESIDUOS MAGNETICOS DE LA IMTRP

Para resaltar las altas y bajas frecuencias de la IMTRP se elaboraron los Residuos de la 1ra. Derivada Vertical, Filtro Pasobanda (2000m-30000m), Superficie de Tendencia de Grado 3 y de la Continuación de Campo Hacia Arriba 10.000 metros. Los residuos magnéticos delimitan claramente las zonas de alta y baja frecuencia, notándose como las bajas frecuencias concuerdan con las áreas donde ocurren los mayores espesores de las secuencias Jurasico-Paleozoicas. En cambio las altas frecuencias coinciden donde el Basamento ígneo-metamórfico, ya sea el Complejo de Garzón o del Escudo Precámbrico, afloran o se encuentran muy cerca de la superficie actual del terreno.

4.0 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Una vez analizados los resultados que se presentan en los capítulos anteriores, se considera que esta interpretación cumple con los objetivos propuestos, habiéndose podido definir y concretar los siguientes aspectos:

Se presenta, en el mapa de interpretación estructural, el tope del Basamento Pre-Cretácico, donde se muestran los altos y bajos estructurales, fallas, tendencias y otros elementos de interés en la exploración de hidrocarburos.

Se definen las fuentes y extensiones de las estructuras que producen las anomalías gravimétricas.

Se determinó el isópaco para los sedimentos Mesozoicos-Terciarios-Cuaternarios que existen por encima del Basamento Pre-Cretácico.

El mapa de Interpretación Estructural de la Cuenca de Yari-Caguán muestra sub-cuencas donde se han sombreado tres altos estructurales de basamento que pueden haber originado estructuras de entrapamiento en las secuencias Cretácicas-Terciarias suprayacentes. En los flancos de estas sub-cuencas, tanto contra la Sierra de La Macarena como el Pie de Monte Cordillerano hay que prospectar por acuíferos estructurales.

Tanto el modelaje gravimétrico-magnético, como la interpretación estructural del tope del Basamento Pre-Cretácico, sustentan que la estructuración existente de orientación predominante nor-noroeste en la Cuenca Yari-Caguán aparenta una estrecha relación con la Cuenca de Putumayo y continuación dentro de Colombia de las orientaciones estructurales Ecuatorianas. No se detectó en este estudio ninguna orientación relacionada con el propuesto Alto de Florencia. Sin embargo es posible su existencia al sur del presente levantamiento.

En el mapa de interpretación estructural y mapa Isopaco de Sedimentos Paleozoicos, la ubicación de dos perfiles adicionales (Perfiles 5 y 6) donde se realizó el modelaje gravimétrico-magnético. En estos perfiles se muestra los dos horizontes que se obtuvieron de la inversión gravimétrica.

Al restar las matrices o grillas correspondientes a las inversiones gravimétricas que representan los topes estructurales de los basamentos Precretácico y Precámbrico, se obtuvo el ISOPACO de los Sedimentos Paleozoicos en la Cuenca de Yari-Caguán.

Los residuos magnéticos delimitan claramente las zonas de alta y baja frecuencia, notándose como las bajas frecuencias concuerdan con las áreas donde ocurren los mayores espesores de las secuencias Jurásico-Paleozoicas. En cambio las altas frecuencias coinciden donde el Basamento ígneo-metamórfico, ya sea el Complejo de Garzón o del Escudo Precámbrico, afloran o se encuentran muy cerca de la superficie actual del terreno.

Tanto el modelaje gravimétrico-magnético, como la interpretación estructural del tope del Basamento Pre-Cretácico y la forma del Basamento Precámbrico que sugiere existencia de espesores considerables de secuencias Paleozoicas hacia el sureste de la zona cubierta por este levantamiento aerogeofísico, sustentan que la estructuración existente de orientación predominante nor-noroeste en la Cuenca Yari-Caguán aparenta una estrecha relación con la Cuenca de Putumayo y continuación dentro de Colombia de las orientaciones estructurales Ecuatorianas. No se detectó en este estudio ninguna orientación relacionada con el propuesto Alto de

Florencia. Sin embargo es posible su existencia al sur del presente levantamiento

RECOMENDACIONES

El cubrimiento gravimétrico-magnético del área estudiada es adecuado para este tipo de interpretación REGIONAL. Este estudio demuestra que las estructuras y el contraste de densidad y susceptibilidad magnética que existen en la Cuenca Yari-Caguán produce anomalías GRAVIMÉTRICAS y MAGNÉTICAS RESIDUALES entre -1 a -20 Miligales; y -20 a 100 nT.; por consiguiente, cada vez que se posean nuevos controles de espesores de secuencias y topes de basamento, esta interpretación debe repetirse para incluir actualizaciones en los modelos.

Los principales altos de basamento y áreas donde se detectaron los mayores espesores de las secuencias Cretácicas-Terciarias-Cuaternarias, justifican un estudio regional de sismica 2D o directamente una perforación exploratoria estratigráfica.

Carson Helicopters, Inc. / Aerogravity Division agradece a FONADE-ANH, la oportunidad de trabajar en el procesamiento e interpretación de los datos aerogravimétricos y aeromagnéticos de la Cuenca de Yari-Caguán. Esperamos que la ANH, aprecie que estos métodos potenciales integrados con toda la información existente de sismica 2D y datos de pozos, **en una forma rápida y económica**, permite confirmar conceptos existentes y definir gran cantidad de incógnitas que ameritan ser resueltas por métodos con mayor poder de resolución.

REFERENCIAS

ANH Registros de Pozos e Información Regional de la Cuenca Yuri-Caguán. Base de Datos de la ANH.

ANH Mapa Geológico de Colombia . Ariana Ltd.(2004) Diaz L. y Ramos B.

Bhaskara Rao; D. et al (1991) A Fortran77 computer program for three dimensional analysis of gravity anomalies with variable density contrast. *Comp. And Geosciences* Vol. 17 No. 5

Barker, R. D. (1975) Elementary approximations in aeromagnetic interpretation for application in low latitudes; *Geophysics*, vol. 40, p. 686.

Broome, J. (1986) MAGRAV2: An interactive magnetic and gravity modeling program for IBM-compatible microcomputers. CGS -open file No.1534.

Broome, J. (1987) Geophysical imaging software for IBM compatible microcomputers. Canadian Geological Survey -Open file No. 1581.

Graterol, V. (1988) Venezuela - Gravimetra 87 - Mapa de Anomalia de Bouguer. Lab. Geofisica, Universidad Simon Bolivar, Venezuela.

Graterol, V. (1987) Interpretacion de datos Gravimetricos en la Region Oriental Venezolana. INDENE - Lab. Geofisica, Universidad Simon Bolivar, Venezuela.

Graterol, V. et al (1988) The horizontal directional derivative in frequency domain. Lab. Geofisica, Universidad Simon Bolivar, Venezuela.

Graterol, V. et al (1995) Interpretación Gravimétrica-Magnética en la Región Medina Occidental-Tierra Negra. MEM-Ecopetrol. Por Geod. Por Sat.

Graterol, V. et al (1996) Constrained Gravity-Magnetic Interpretation. A new way of REGIONAL-RESIDUAL separation of Potential Field Data. Venezuelan examples. AAPG San Diego

Graterol V. et al (1998) 3D Gravity Inversion with Variable Datum. *Leading Edge Society of Exploration Geophysicists*. Dec. 1998

Hartman, R., et. al (1971) A system of rapid digital aeromagnetic interpretation: *Geophysics*, vol. 31, no. 4.

Hildenbrand, T. (1983) FFTFIL: a filtering program based on two dimensional Fourier analysis: U.S.G.S. - open file no. 83-237.

Kratochwill, J. (1990) An inversion gravity method for computing the depth to the main density contrast in a sedimentary basin: Internal report, Carson Services, Inc./ Aerogravity Division.

Nabighian, M. N. (1972) The analytical signal of two-dimensional bodies with polygonal cross section: its properties and use for automated anomaly interpretation: *Geophysics*, vol. 37, p. 507.

- Nettleton, L. L. (1971) Elementary gravity and magnetics for the geologist and seismologists: Society of Exploration Geophysicists, monograph 1.
- Peters, L. J. (1949) The direct approach to magnetic interpretation and its practical applications: Geophysics, vol. 14, p. 290.
- PEMEX – Cardenas J. Et al (2001) Base de datos de Salina del Itsmo. Puntos de Control. Sísmica 2D y 3D
- Radian Corporation (1990) CPS-3 User's manual, version 1.6, Austin, Texas.
- Reid A. et al (1990) Magnetic interpretation in three dimensions using the Euler Deconvolution. Geophy. Vol 55.
- Reyes A. et al (1995) Evaluación Regional de la Cuenca Yari-Caguán. Instituto Colombiano del Petroleo – ECOPETROL. Informe Interno
- Stanley, J. M. (1977) (a) Simplified gravity interpretation by gradients- the geologic contact: Geophysics, vol. 51, p. 369.
- Stanley, J. M. (1977) (b) Simplified magnetic interpretation of the geologic contact and thin dike: Geophysics, vol. 42, p. 1236.
- Thompson D. T. (1982) EULDPH. A new technique for making computer-assisted depth estimates from magnetic data. Geophy. Vol.47
- Talwani, M. Heirtzler J. (1964) Computation of magnetic anomalies caused by two-dimensional structures of arbitrary shape: Computers in Mineral Industries, Stanford University Press.
- Werner, S. (1953) Interpretation of magnetic anomalies at sheet like bodies: Sveriges Geologiska Undersokning, ser. c, no. 508.

PUNTOS DE CONTROL * CUENCA YARI-CAGUAN**
(Tope del Basamento Precretáceo)

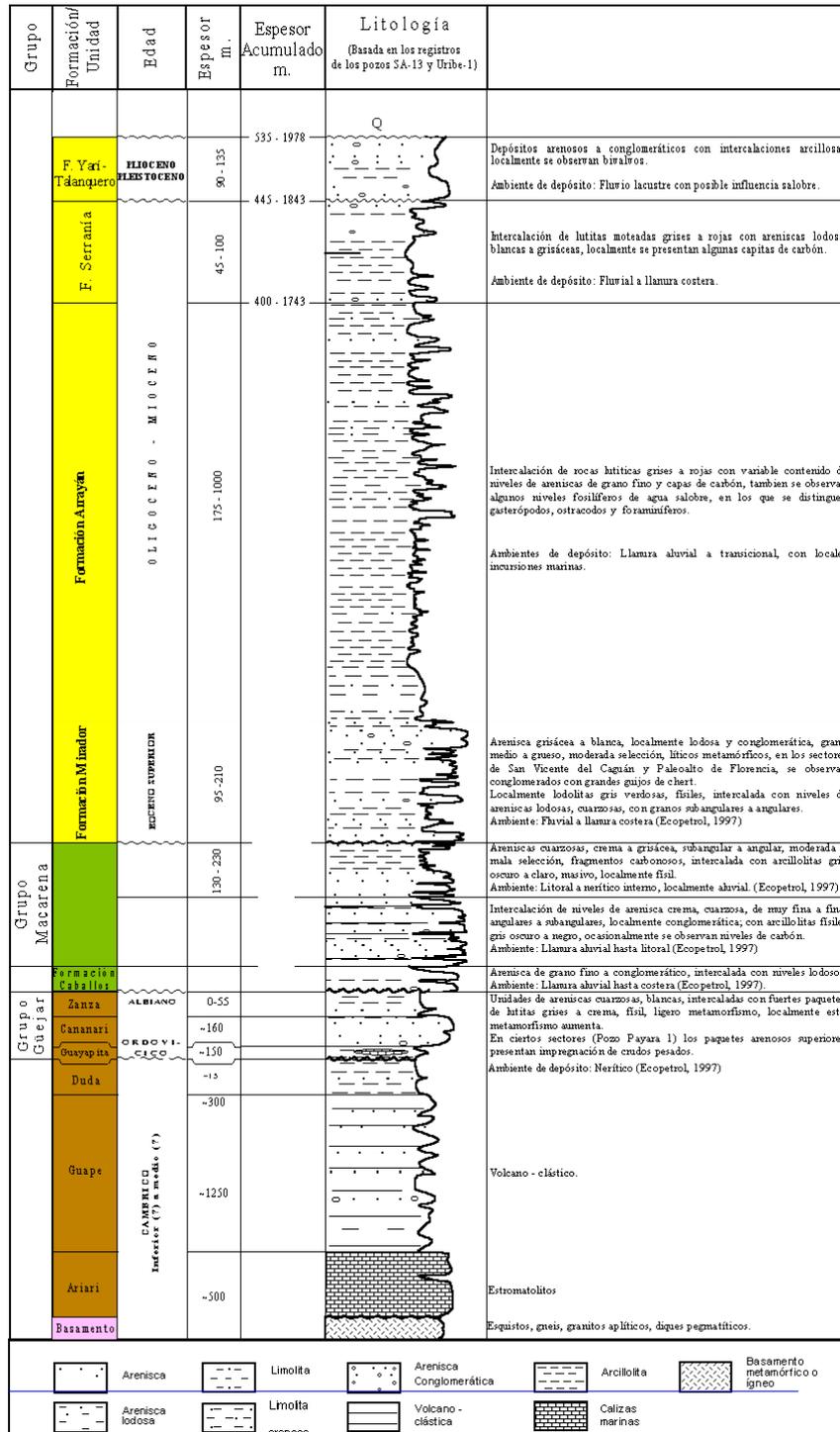
x	y	PUNTO	ALTURAsrtm	TOPBASnm	BOUG230	TOPBASREG	TOPBASRES
837579.5	666186.4	AEROPUERTO-1	245.73	133.30	-47.12	-34.50	-12.95
877517.2	706586.2	BAS-1	441.48	0.00	-39.07	-31.30	-8.16
914559.0	761447.0	BAS-2	794.99	0.00	-36.11	-31.30	-4.76
904601.0	791261.9	BAS-3	1839.30	0.00	-36.83	-40.80	5.22
925858.9	776813.9	BAS-4	783.14	0.00	-24.16	-19.20	-4.23
1029395.0	743317.1	BAS-5	424.90	0.00	16.66	24.60	-8.30
1029902.0	786926.9	BAS-8	610.66	0.00	8.90	15.30	-6.64
1019732.0	755650.1	BAS-9	442.83	0.00	27.48	35.20	-6.69
1029533.0	807150.8	BAS-11	354.19	0.00	-1.48	7.00	-8.53
998894.6	829345.7	BAS-12	816.13	0.00	-28.05	-23.40	-4.55
1021375.0	939182.3	BAS-13	1863.13	0.00	-102.00	-106.10	2.61
798862.7	652383.4	BAS-15	723.78	0.00	-65.68	-60.30	-5.98
1123787.0	782812.9	BAS-16	222.87	0.00	27.23	36.80	-9.22
1134435.0	755608.0	BAS-18	242.78	0.00	30.86	40.30	-10.40
1142825.0	743557.0	BAS-19	291.24	0.00	39.59	48.60	-8.82
1094378.0	574687.0	BAS-20	240.79	0.00	10.59	20.10	-9.50
1116378.0	569687.0	BAS-21	251.74	0.00	-5.49	3.90	-9.46
1136378.0	589686.9	BAS-22	255.07	0.00	1.73	11.10	-9.40
824301.5	670988.4	BAS-23	531.57	0.00	-60.41	-53.40	-7.36
1134378.0	607686.8	BAS-24	209.85	0.00	7.51	17.20	-9.79
1127378.0	626686.7	BAS-26	267.59	0.00	6.84	16.10	-10.97
1123378.0	671686.4	BAS-28	263.04	0.00	22.88	32.20	-9.13
1145378.0	639686.6	BAS-29	383.91	0.00	37.78	46.00	-7.58
1034640.0	768058.0	BAS-31	419.70	0.00	11.36	19.30	-8.99
1025548.0	758525.0	BAS-32	590.65	0.00	22.21	28.70	-7.31
1032920.0	796965.9	BAS-34	252.13	0.00	-0.32	9.00	-9.81
1020147.0	780642.9	BAS-36	290.71	0.00	11.63	20.70	-9.58
995099.6	843317.7	BAS-37	1170.45	0.00	-46.69	-45.00	-2.34
1000427.0	852315.6	BAS-38	769.87	0.00	-53.42	-48.40	-5.32
979682.7	864533.6	BAS-45	1283.52	0.00	-69.38	-68.70	-0.67
996739.6	880065.5	BAS-46	1347.28	0.00	-67.07	-66.90	0.04
1022882.0	906298.4	BAS-47	819.89	0.00	-83.42	-78.80	-5.22
1015522.0	923856.4	BAS-48	1339.84	0.00	-86.38	-86.10	0.32
1032348.0	948690.3	BAS-49	941.71	0.00	-99.61	-96.00	-3.37
997058.6	945451.3	BAS-54	3012.27	0.00	-81.35	-95.10	13.67
990829.6	920012.4	BAS-56	3343.12	0.00	-68.05	-84.60	16.77
967301.7	897033.5	BAS-57	2883.63	0.00	-74.07	-86.80	12.60
940553.8	866785.6	BAS-58	2717.62	0.00	-78.30	-89.60	10.87
939093.8	853773.6	BAS-59	1971.11	0.00	-76.87	-81.90	5.19
1037524.0	857009.6	CANAGUARO-1	335.99	1648.00	-58.14	-32.80	-25.28
1110198.0	810790.8	CHAFURRAY-1	207.64	324.40	3.64	17.80	-14.10
1110547.0	820058.7	CHAFURRAY-2	222.52	400.50	5.74	20.60	-14.25
1103863.0	822155.7	CHAFURRAY-3	220.95	472.00	-5.07	10.40	-15.79
1108768.0	822420.7	CHAFURRAY-4	235.80	466.20	2.94	18.30	-15.16
1116232.0	827905.7	CHAFURRAY-5	239.91	432.10	19.98	35.10	-13.47
830160.6	625789.6	CURBINATA-1	227.89	721.10	-18.18	-0.70	-17.70
825396.4	752631.0	ESPADANA-1	945.45	-100.50	-138.96	-128.30	-14.08
1052158.0	877011.5	FUENTE-1821-X	303.86	1891.10	-71.23	-43.90	-27.30
835979.4	743206.0	GIGANTE-1	1056.81	2420.20	-126.99	-95.20	-32.02
841633.5	620438.7	LA.RASTRA-1	215.46	725.50	-8.11	9.50	-17.06
836353.5	652775.5	LA.TURBIA-1	248.73	359.30	-32.60	-18.10	-14.25
832299.5	657936.4	LA.TURBIA-2	251.94	272.10	-43.14	-29.40	-13.49
830502.4	764277.9	LA-Hocha-1	767.56	946.50	-141.32	-121.90	-13.29
831249.4	765354.9	LA-HOCHA-11	780.55	-675.00	-141.97	-136.10	-10.68
833140.4	768169.9	LA-HOCHA-4	722.71	-368.80	-144.06	-135.70	-14.45
1107897.0	826336.7	LAS.BRUJAS-1	237.84	576.20	2.19	18.50	-16.11
1017864.0	722224.2	LOSADA-1	268.56	237.40	10.31	23.80	-13.43
838494.3	779556.9	LOS-MAMGOS.60	657.41	3097.40	-156.26	-118.80	-22.91
800529.8	593296.8	MANDUR-2	219.98	1491.00	-32.70	-8.70	-23.78
844829.5	654186.5	MONTANITA-1	240.37	161.60	-24.19	-11.40	-12.74

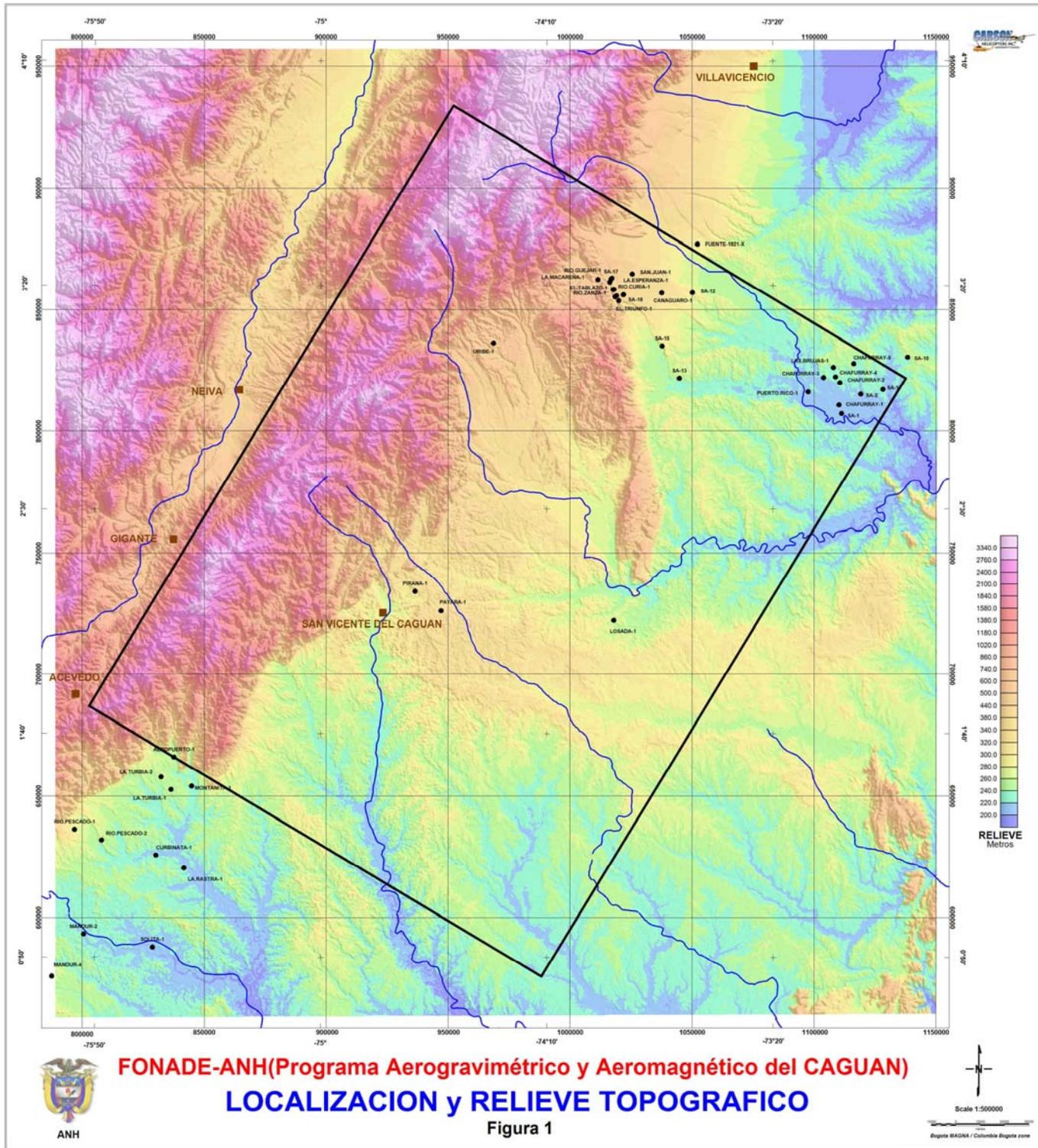
947084.9	726154.2	PAYARA-1	381.44	989.60	-28.14	-8.40	-19.35
888345.1	814797.8	PC-1	1279.54	0.00	-121.33	-120.60	-2.86
892743.0	826093.7	PC-2	1302.99	0.00	-126.45	-125.90	-1.82
894598.0	834297.7	PC-3	874.50	0.00	-134.16	-130.00	-5.90
904212.0	829145.7	PC-4	1819.23	0.00	-92.31	-96.10	4.39
908393.0	834567.7	PC-5	1676.94	0.00	-93.25	-95.80	2.31
916853.9	843090.7	PC-7	1717.57	0.00	-86.55	-89.50	3.46
916828.9	843116.7	PC-8	1716.17	0.00	-86.73	-89.60	3.34
921390.9	847728.6	PC-9	2227.88	0.00	-84.24	-91.40	6.47
853228.4	646025.5	PC-11	236.62	0.00	-7.25	2.20	-9.05
863837.3	677222.4	PC-13	507.39	0.00	-29.19	-22.00	-6.92
865770.3	685960.3	PC-14	737.02	0.00	-34.30	-29.00	-5.68
871133.3	694336.3	PC-15	325.72	0.00	-41.26	-32.50	-9.27
887178.2	706957.3	PC-17	284.53	0.00	-40.50	-31.40	-9.16
890654.2	711692.2	PC-18	326.30	0.00	-38.51	-29.80	-8.66
899626.1	717535.2	PC-19	435.93	0.00	-37.90	-30.10	-8.14
900545.1	726672.2	PC-20	929.89	0.00	-28.65	-25.00	-3.28
903113.1	738230.1	PC-21	660.17	0.00	-30.23	-24.30	-5.44
909580.0	748512.1	PC-22	741.57	0.00	-35.51	-30.20	-5.72
915987.0	771225.0	PC-23	887.59	0.00	-35.26	-31.20	-4.25
917940.0	779630.9	PC-24	974.18	0.00	-30.09	-26.80	-3.23
911558.0	788941.9	PC-25	1179.88	0.00	-33.04	-31.40	-1.10
795729.7	650041.4	PC-26	419.84	0.00	-65.58	-57.60	-8.13
897398.0	798979.8	PC-28	1882.18	0.00	-49.78	-54.10	8.40
903458.0	807866.8	PC-29	2278.26	0.00	-47.37	-55.00	8.74
913544.0	819962.7	PC-30	2306.03	0.00	-48.24	-56.10	10.22
922458.9	827717.7	PC-31	1830.56	0.00	-56.47	-60.30	5.19
803584.7	657789.4	PC-32	364.37	0.00	-67.75	-59.30	-8.19
930028.9	834424.7	PC-33	1506.97	0.00	-66.64	-67.80	1.61
931448.9	842253.7	PC-34	2387.48	0.00	-70.30	-78.80	8.21
928418.9	856543.6	PC-36	1598.66	0.00	-87.00	-88.90	2.06
816410.6	661923.4	PC-37	418.25	0.00	-60.78	-52.80	-8.25
1012304.0	840538.7	PC-38	653.73	0.00	-30.79	-24.80	-5.83
1015999.0	832382.7	PC-39	1073.81	0.00	-19.53	-17.00	-2.99
1023944.0	824117.8	PC-40	331.03	0.00	-13.90	-5.20	-8.86
1025916.0	812980.8	PC-41	444.86	0.00	-2.66	5.10	-7.52
1015993.0	793756.9	PC-42	304.14	0.00	9.43	18.40	-8.84
1008422.0	799236.9	PC-43	528.80	0.00	5.11	12.20	-7.79
1002596.0	806714.8	PC-44	508.40	0.00	1.47	8.70	-6.40
1000168.0	818814.8	PC-45	575.83	0.00	-15.71	-9.10	-6.77
1005506.0	837210.7	PC-46	752.67	0.00	-31.48	-26.30	-4.80
788962.7	702711.1	PC-47	1306.68	0.00	-125.22	-124.70	-0.54
794613.6	705328.1	PC-48	1407.63	0.00	-123.55	-123.90	-0.22
866648.2	793411.8	PC-50	643.05	0.00	-155.00	-148.90	-6.83
872461.2	800934.8	PC-51	788.20	0.00	-153.46	-148.60	-5.75
879951.1	806452.8	PC-52	1286.01	0.00	-131.16	-130.50	-0.41
936407.9	734210.1	PIRANA-1	315.13	736.90	-28.97	-11.30	-16.75
829952.4	765948.9	PRECr-1	962.95	0.00	-142.15	-138.70	-8.60
824559.4	762375.9	PRECr-10	725.71	1103.10	-139.07	-118.30	-17.89
829299.4	770095.9	PRECr-11	873.28	803.10	-144.40	-126.20	-11.31
831090.4	767564.9	PRECr-2	1140.33	0.00	-143.32	-141.40	-7.51
832847.4	770459.9	PRECr-3	1044.75	0.00	-145.82	-143.10	-10.90
831498.4	771864.9	PRECr-4	1017.63	0.00	-146.53	-143.60	-6.05
831933.4	773480.9	PRECr-5	1358.82	0.00	-147.97	-147.90	-3.56
831379.4	777785.9	PRECr-6	1099.40	0.00	-151.14	-148.90	-2.23
834079.4	775685.9	PRECr-7	965.62	0.00	-150.82	-147.40	-4.40
834269.4	768545.9	PRECr-8	797.42	2250.60	-144.49	-114.10	-20.91
829729.4	759185.9	PRECr-9	747.21	929.20	-139.39	-120.10	-20.13
1097534.0	816170.8	PUERTO.RICO-1	215.30	515.70	-11.55	4.30	-16.92
796792.7	636399.5	RIO.PESCADO-1	289.80	1905.20	-51.07	-23.60	-25.41
807902.7	632039.6	RIO.PESCADO-2	262.63	1451.40	-38.50	-14.90	-23.06
1044757.0	821969.8	SA-13	264.13	1247.90	-25.92	-4.00	-22.15
1037686.0	835175.7	SA-15	266.01	1502.00	-37.40	-13.30	-24.17
1016756.0	862742.6	SA-17	457.85	406.10	-64.16	-49.30	-15.60
1025427.0	864823.6	SAN.JUAN-1	430.56	1652.40	-72.21	-46.90	-25.60
828762.6	587879.8	SOLITA-1	209.53	910.50	-7.40	11.70	-18.41
833379.4	741686.0	TOT-1	1178.53	2121.50	-127.96	-98.70	-31.33
846879.3	732936.1	TOT-10	2481.92	2618.10	-51.00	-17.60	-27.71
840113.4	746997.0	TOT-12	1414.26	2435.70	-126.14	-94.20	-32.94
831745.4	743420.0	TOT-13	917.93	2682.10	-131.57	-97.60	-32.02
844213.4	739584.0	TOT-14	1822.56	1177.40	-85.62	-64.30	-22.30
823949.5	736360.0	TOT-15	712.81	3487.20	-132.91	-92.20	-40.04

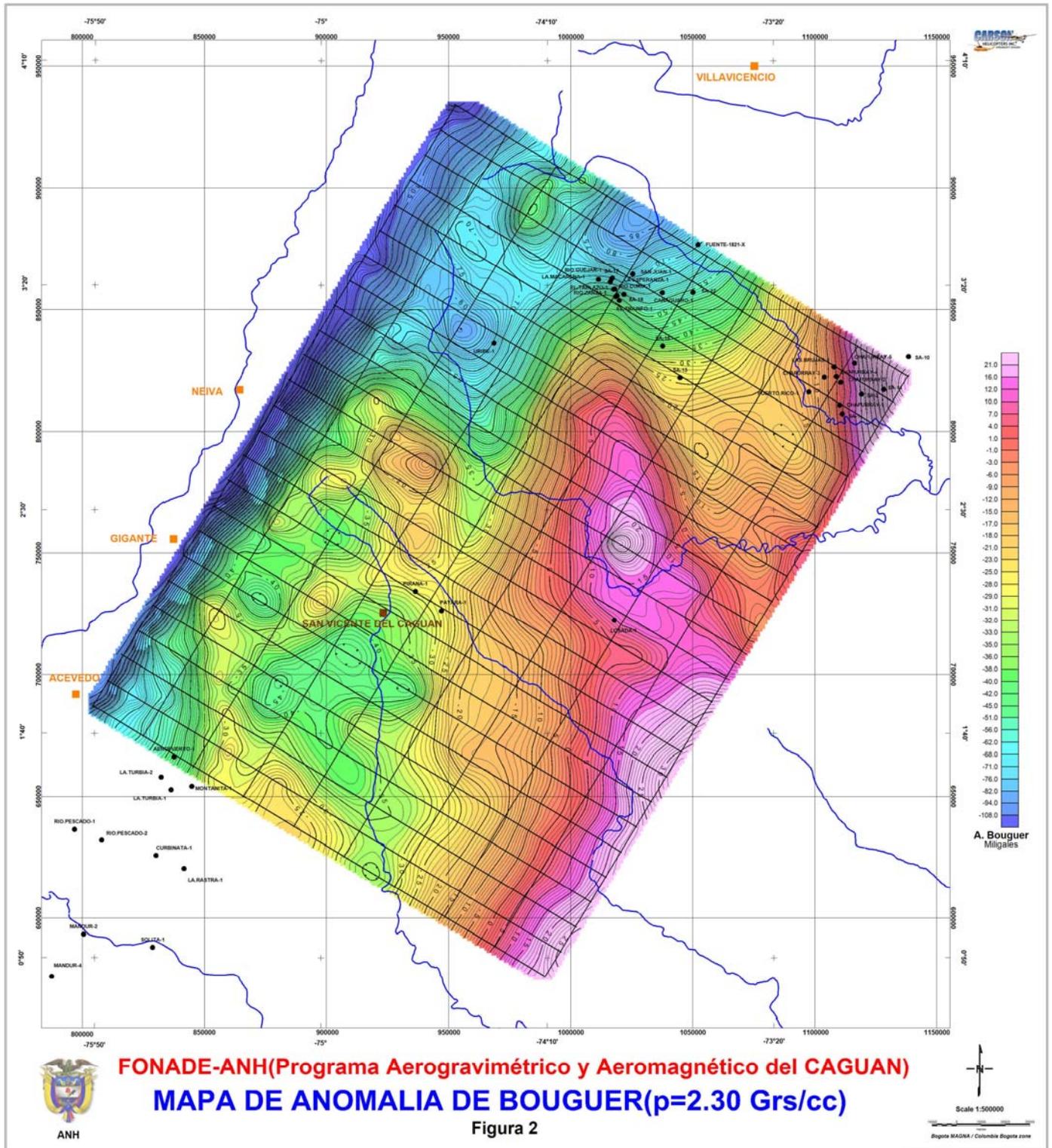
805266.00	560036.00	CAIMAN_4	228.18	-25.96	1873.00	-0.85
806387.00	578842.00	MANDUR_4	237.51	-32.32	1858.00	-6.84
776823.00	538112.00	PINUNA_1	246.06	-39.35	2881.00	-5.78
882099.00	560016.00	SOLITA_1	209.53	11.51	1120.00	30.72
1334099.00	938432.00	ST_GU_15	139.66	14.12	1266.00	35.44
1344482.00	619904.00	VAÜPES_1	222.41	31.14	366.00	44.14
1111111.00	937236.00	ANACONDA-1	956.87	-31.05	7874.00	15.35
1120344.00	911565.00	NEGRITOS-1	188.57	15.06	4227.00	41.03
1157400.00	797900.00	VORAGINE-1	216.53	45.70	1968.00	61.94
818635.00	575519.00	BALASTRERA-1	217.71	-19.04	800.00	4.36
850000.00	700000.00	RIO_SEVILLA_1	238.82	-35.77	1765.00	-38.40
780000.00	640000.00	AFLORAMIENTO_2	1736.31	-61.99	0.00	-60.29
1022500.00	780000.00	AFLORAMIENTO_8	1169.50	12.54	0.00	20.79
1300000.00	700000.00	AFLORAMIENTO_9	364.94	37.44	0.00	45.76
1150000.00	550000.00	AFLORAMIENTO1H	382.10	10.91	0.00	20.74
1135000.00	772000.00	AFLORAMIENTO2H	217.60	31.63	0.00	41.95
1380000.00	600000.00	AFLORAMIENTO3H	250.92	44.22	0.00	54.45
1350800.00	638000.00	AFLORAMIENTO4H	207.79	35.55	0.00	45.38
1135000.00	727500.00	AFLORAMIENTO5H	205.60	38.24	0.00	47.56
1165000.00	570000.00	AFLORAMIENTO6H	293.79	14.65	0.00	23.71
1105000.00	480000.00	AFLORAMIENTO7H	295.48	12.49	0.00	21.82
1315000.00	720000.00	AFLORAMIENTO8H	263.80	24.38	0.00	35.33
1207500.00	480000.00	AFLORAMIENTO9H	272.29	25.12	0.00	34.90
895000.00	720000.00	AFLORAMIENTO_11	152.62	-33.03	0.00	-29.29
1405000.00	720000.00	AFLORAMIENTO_16	188.04	28.00	0.00	38.01
1435000.00	810000.00	AFLORAMIENTO_17	964.53	22.03	0.00	32.04
1360000.00	765000.00	AFLORAMIENTO_18	185.62	17.76	0.00	26.54

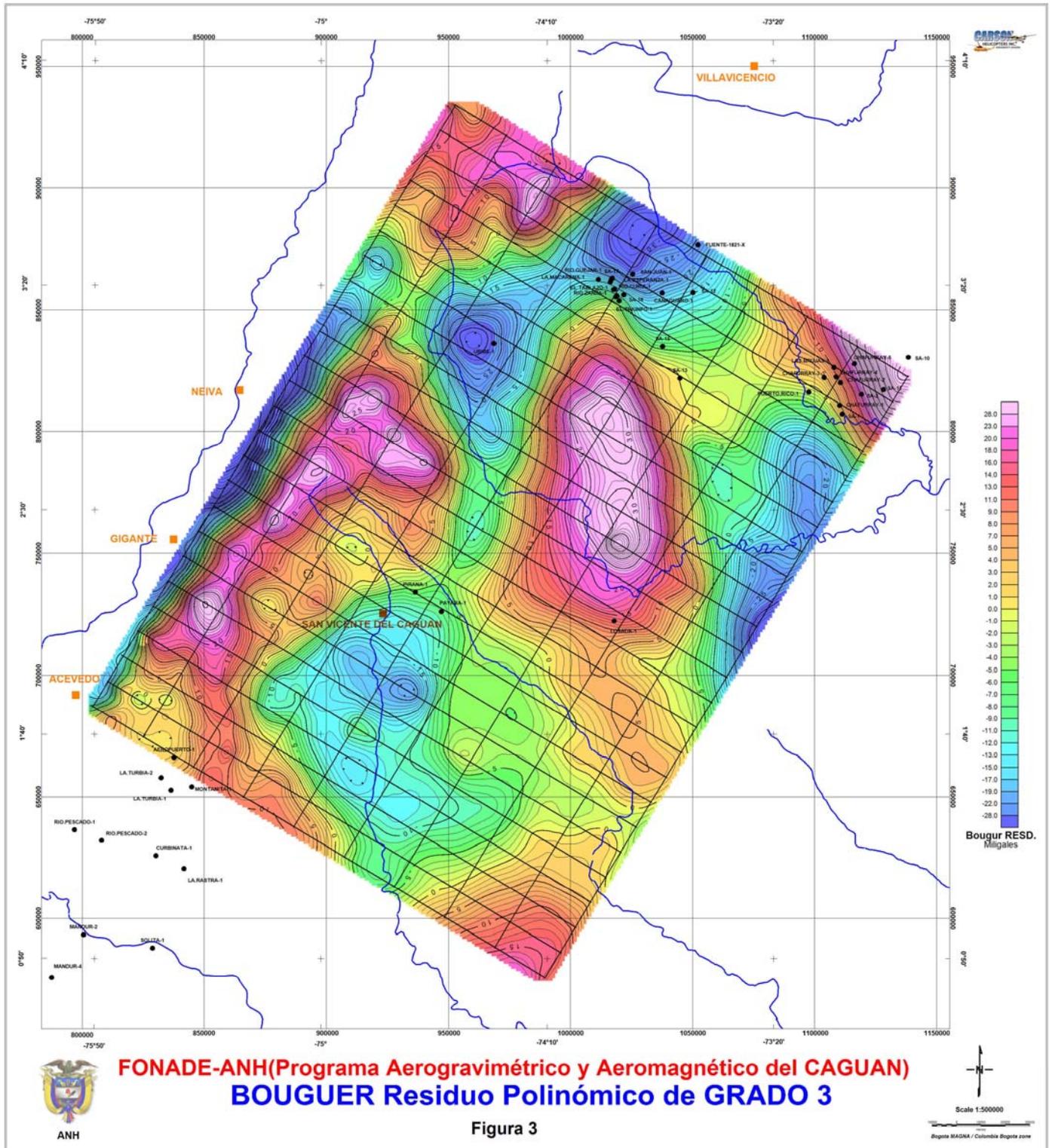
Columna Estratigráfica-Cuenca Yari-Caguán

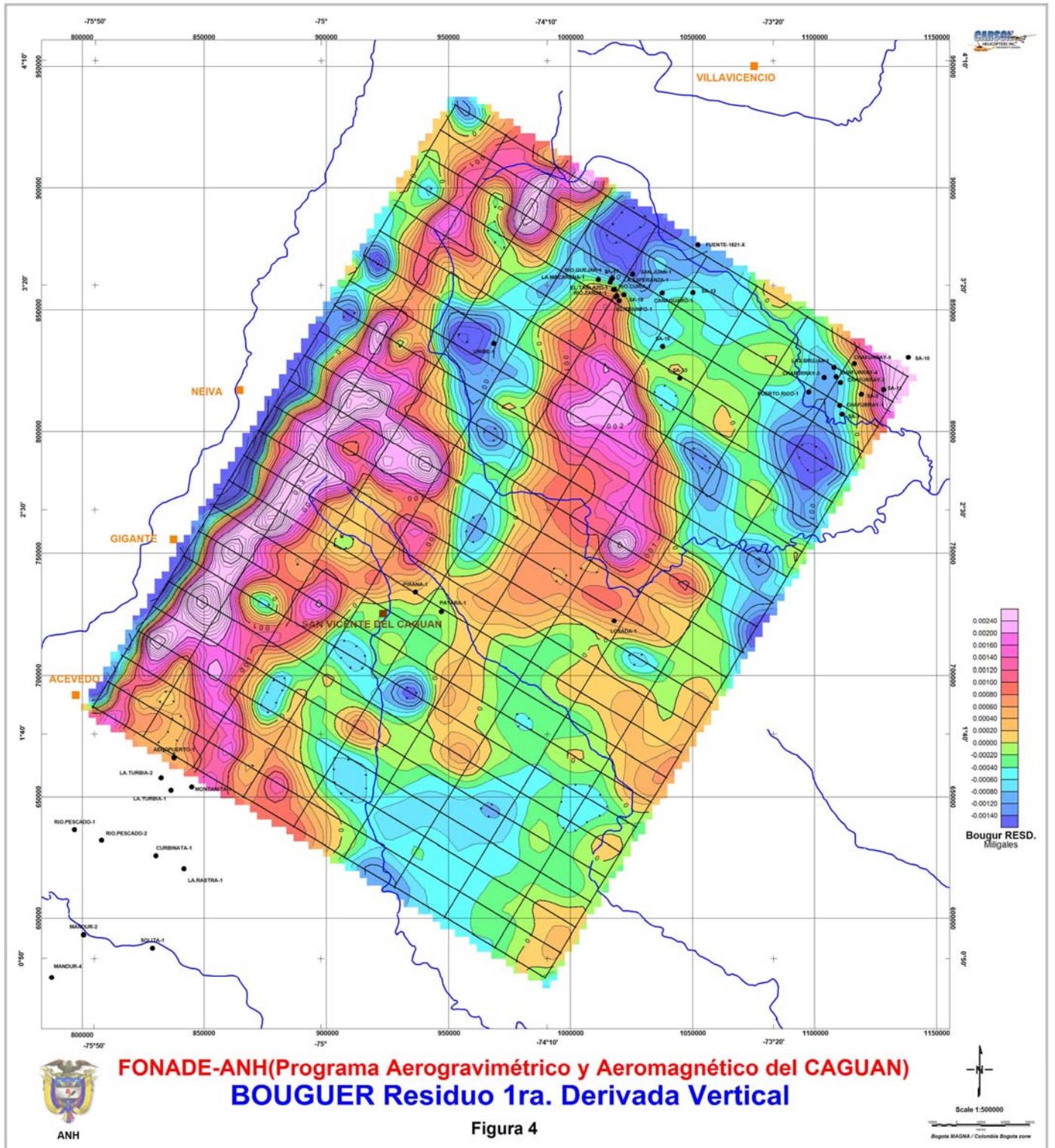
Figura A

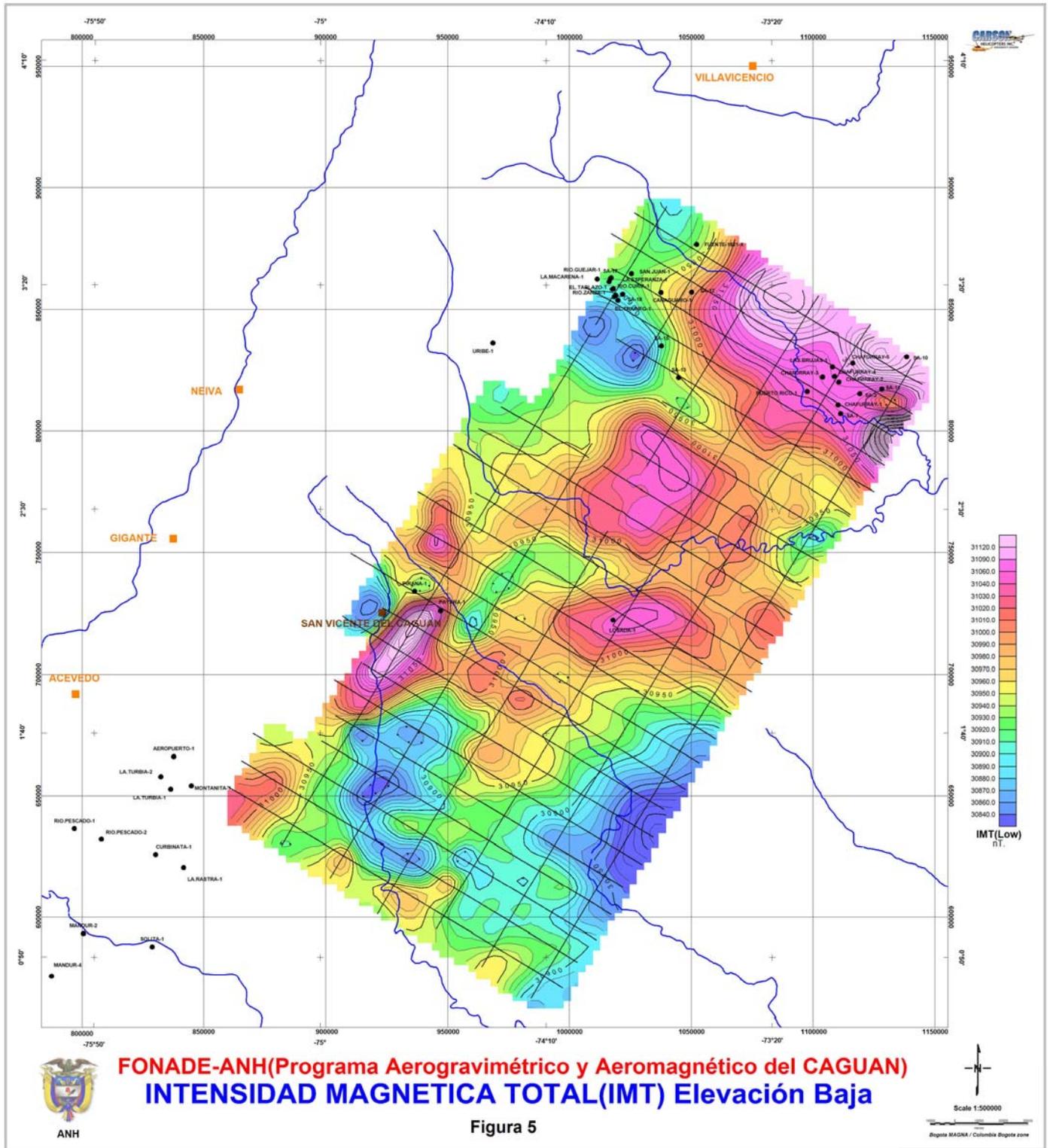


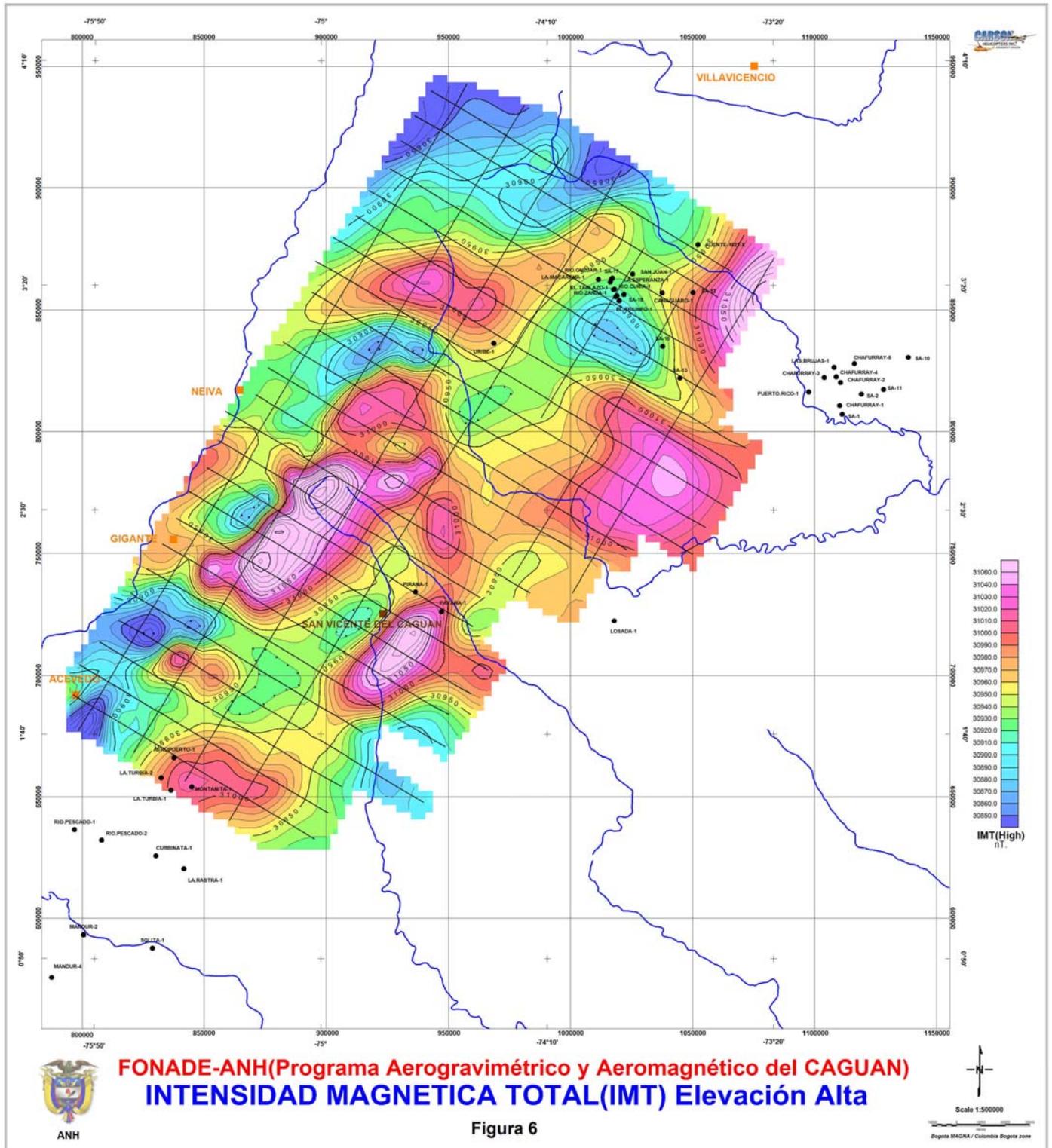


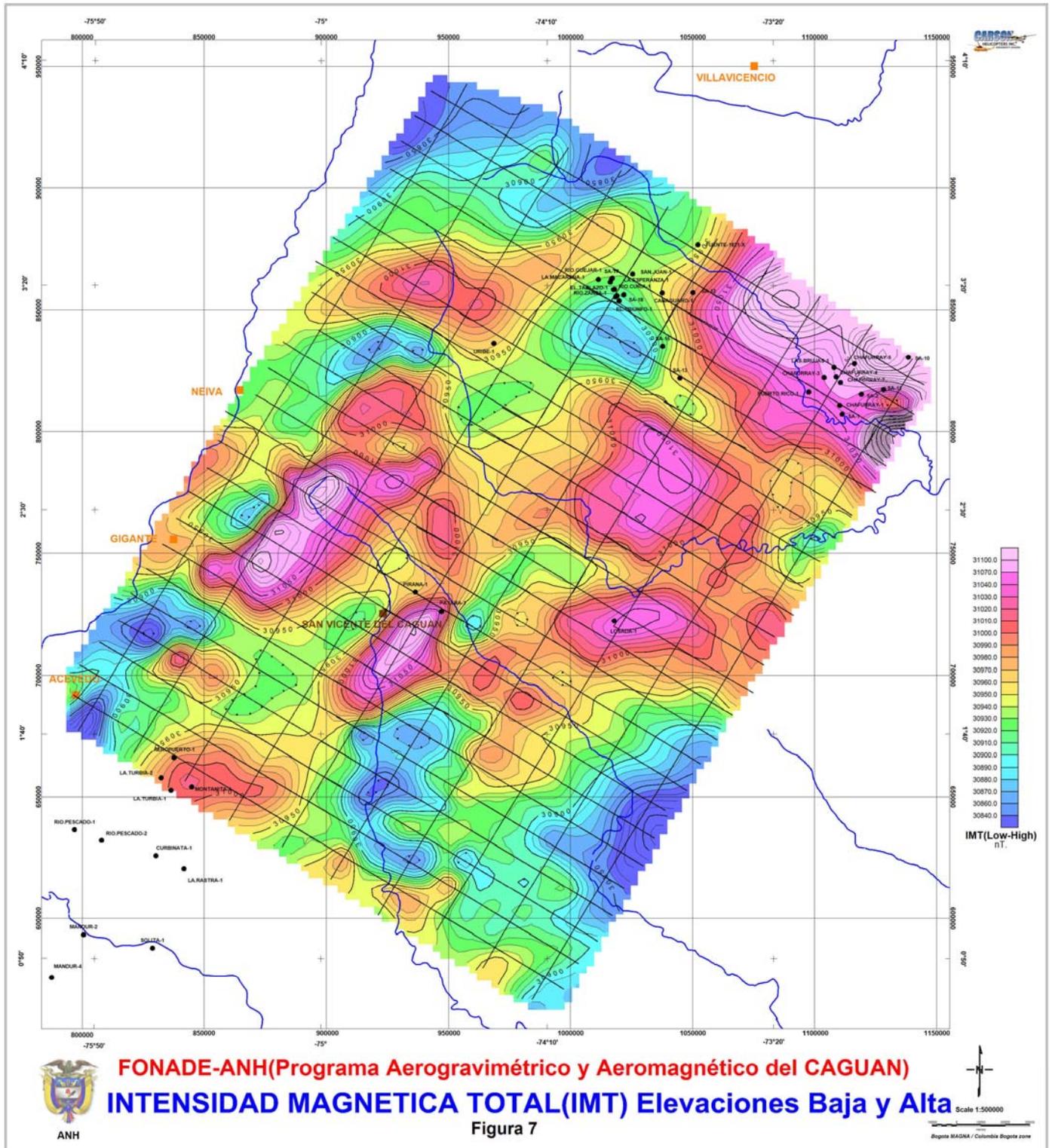


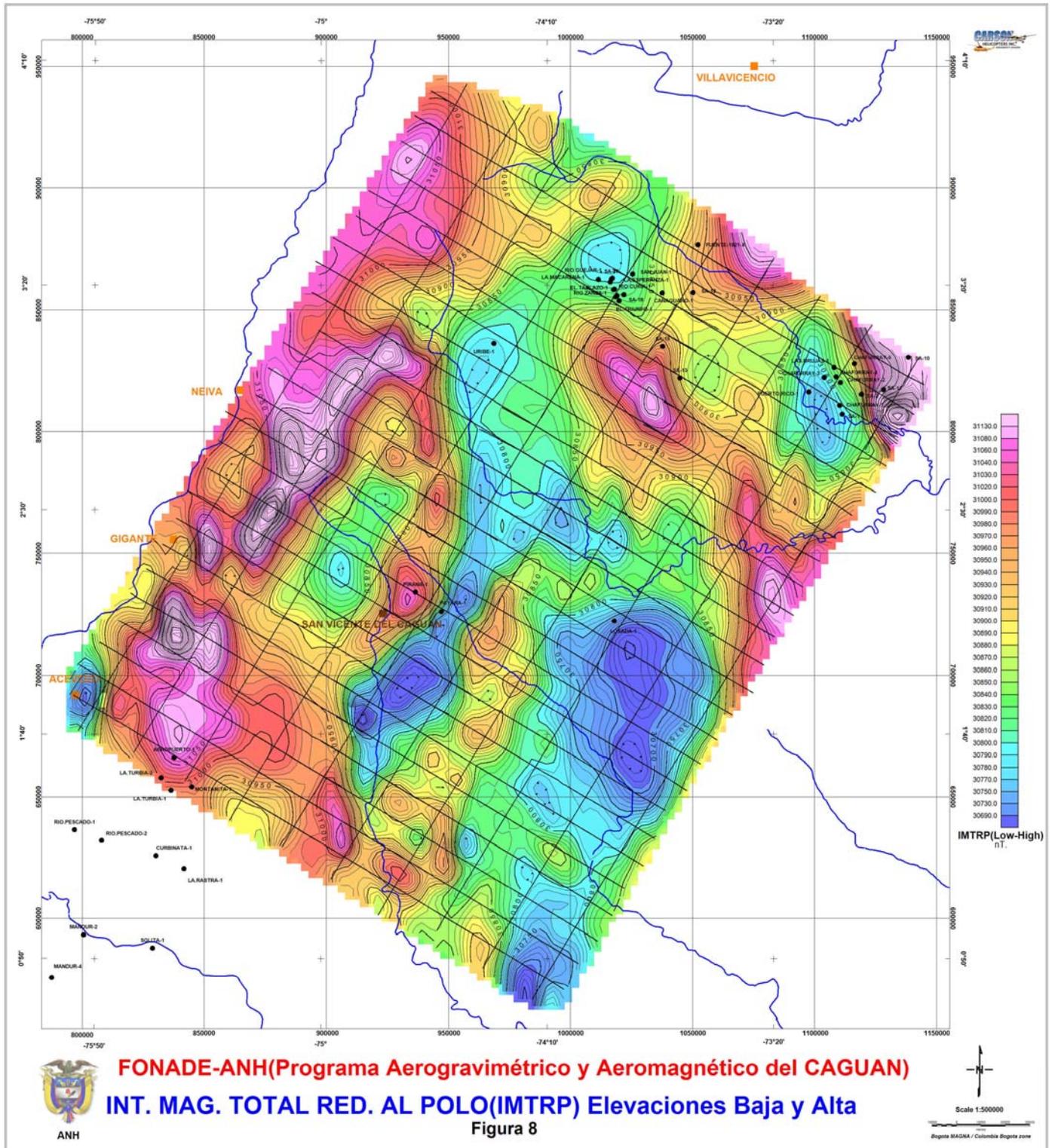






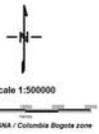


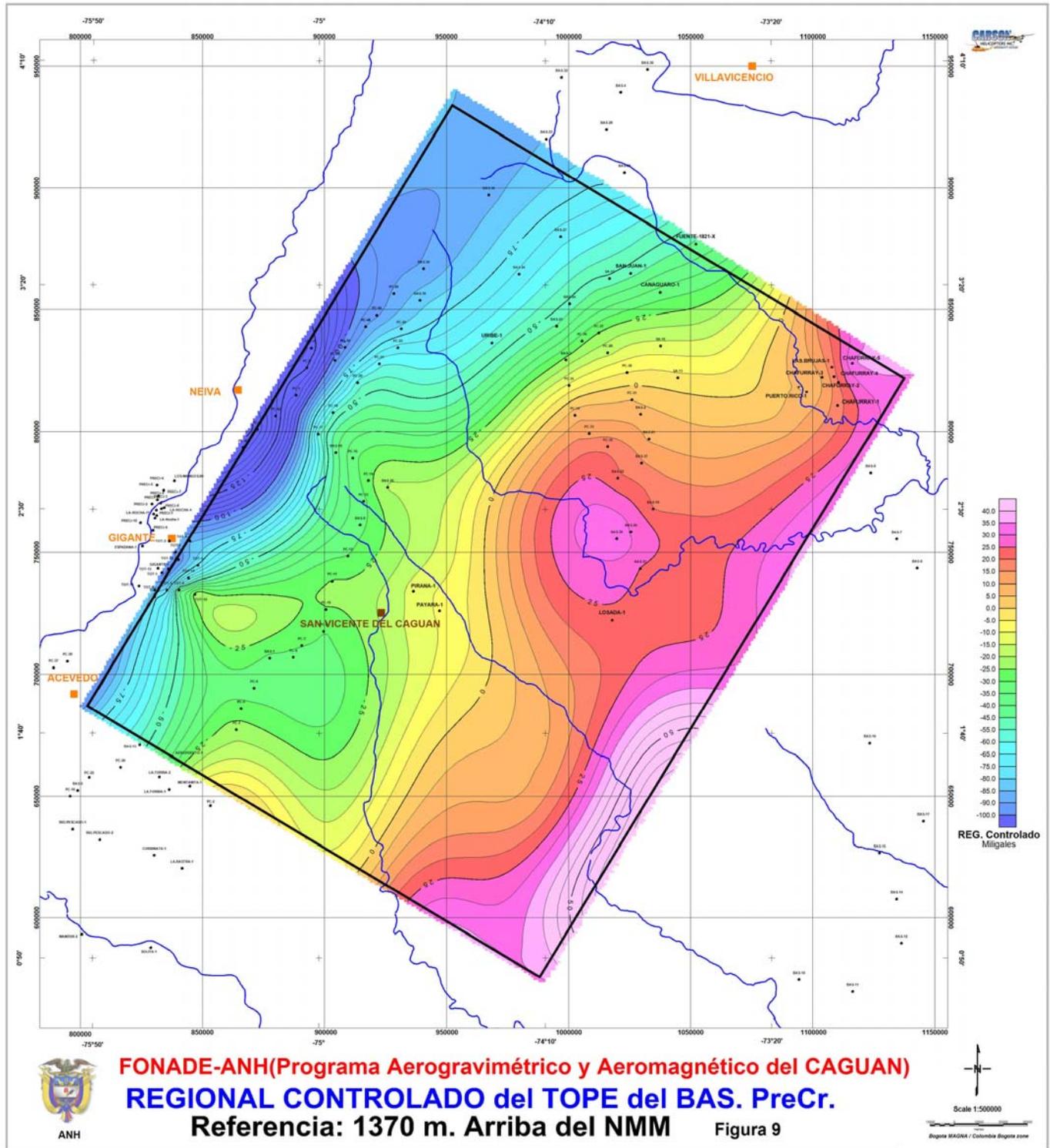


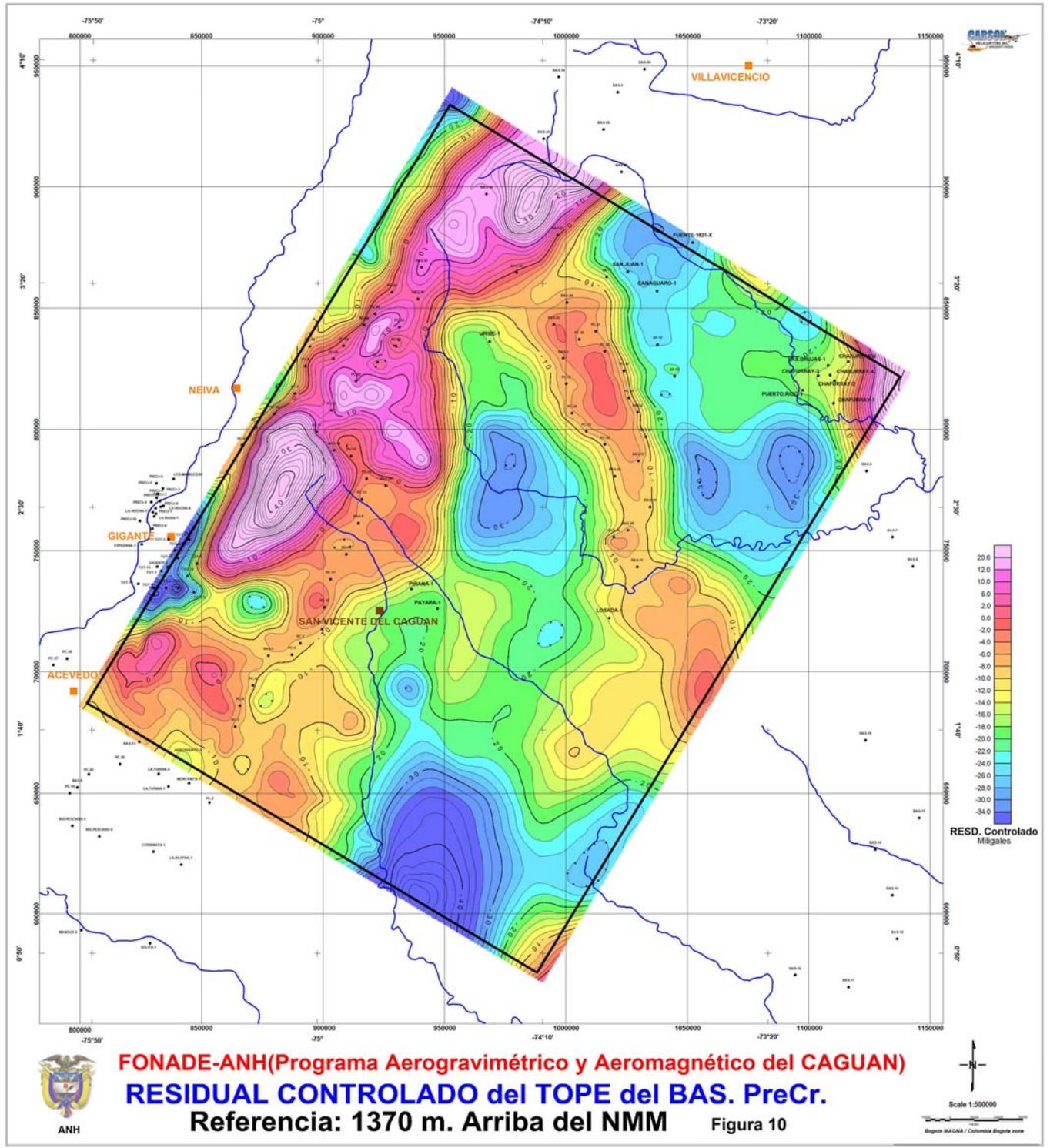


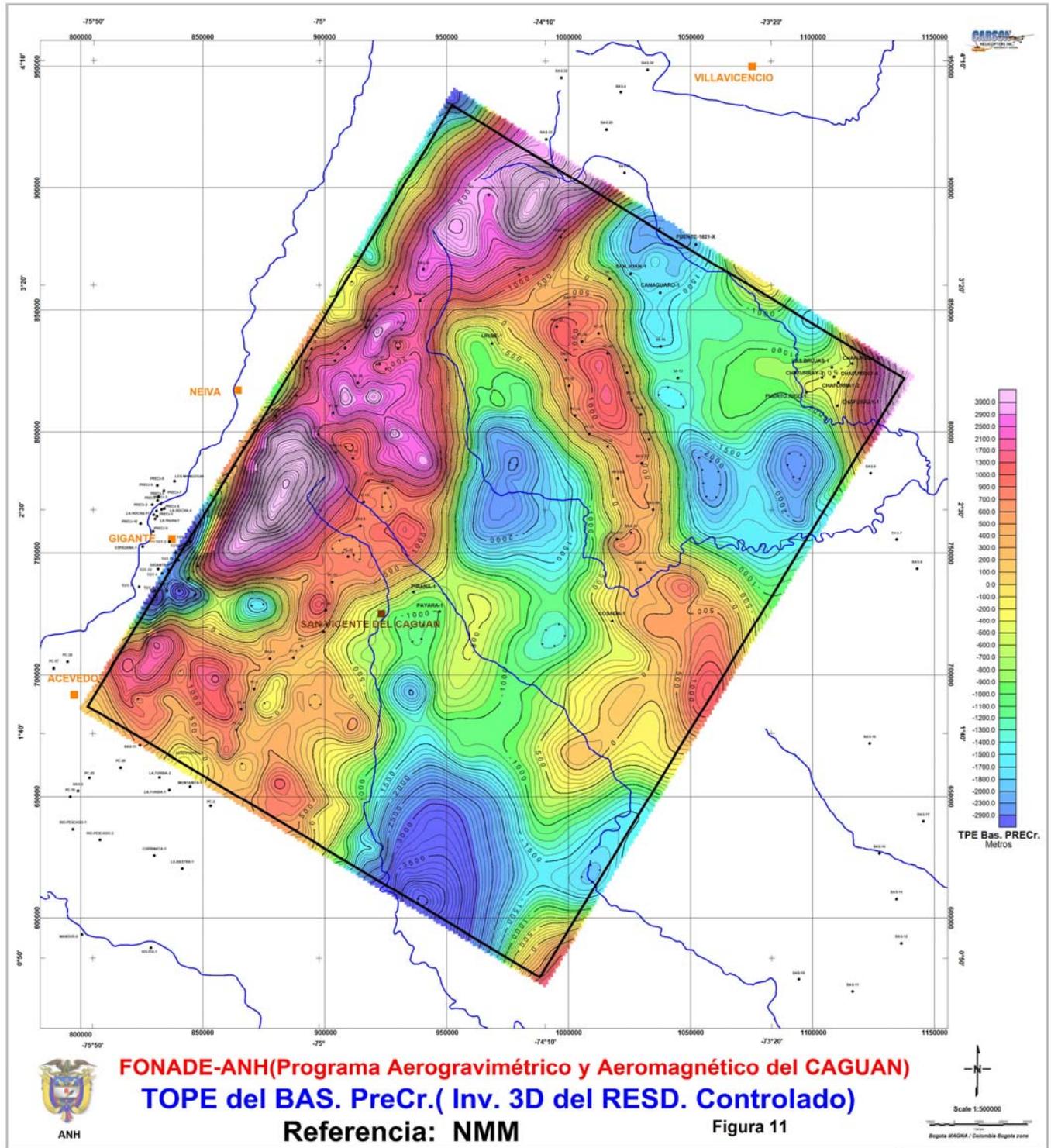
FONADE-ANH(Programa Aerogravimétrico y Aeromagnético del CAGUAN)
INT. MAG. TOTAL RED. AL POLO(IMTRP) Elevaciones Baja y Alta

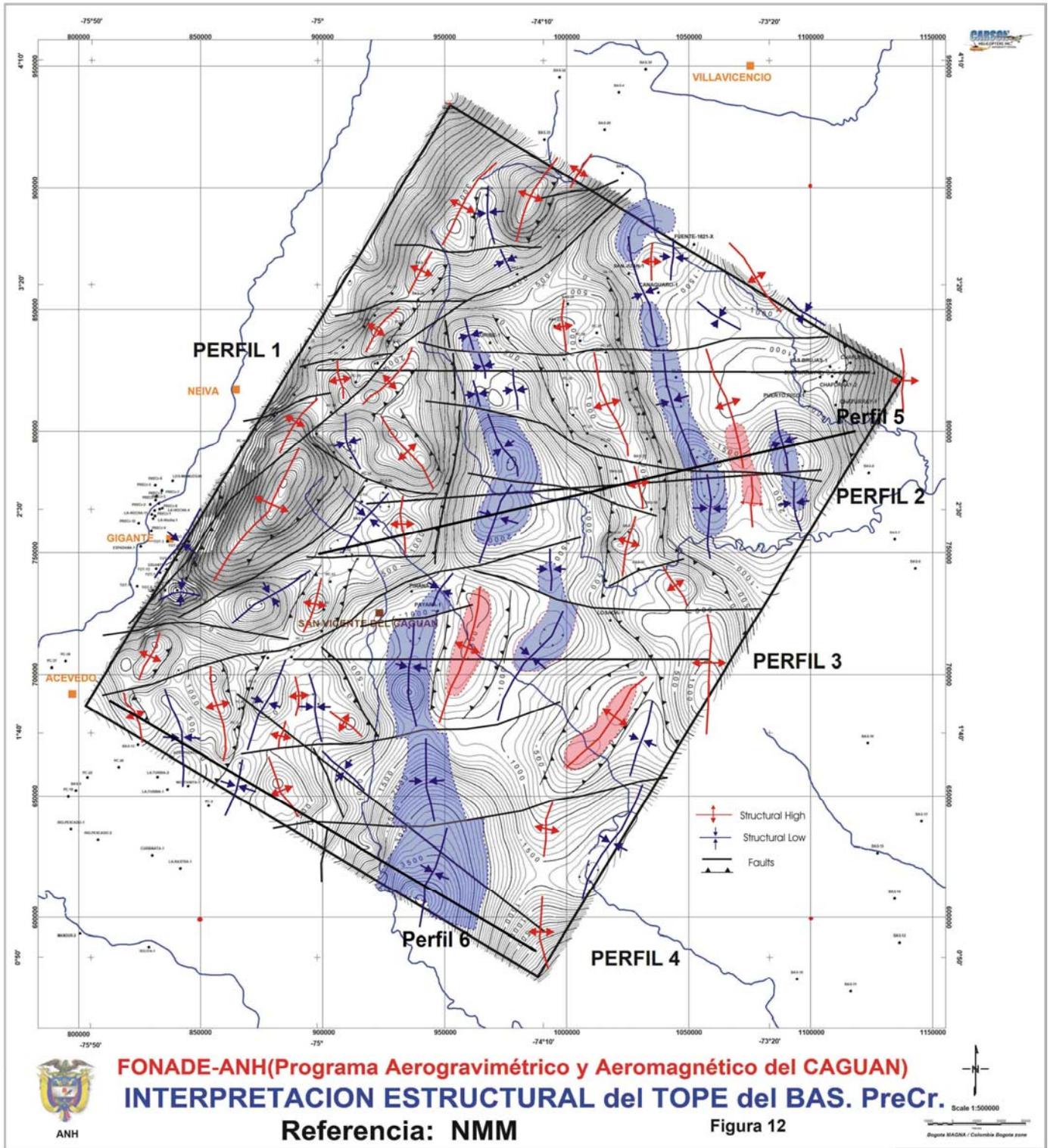
Figura 8







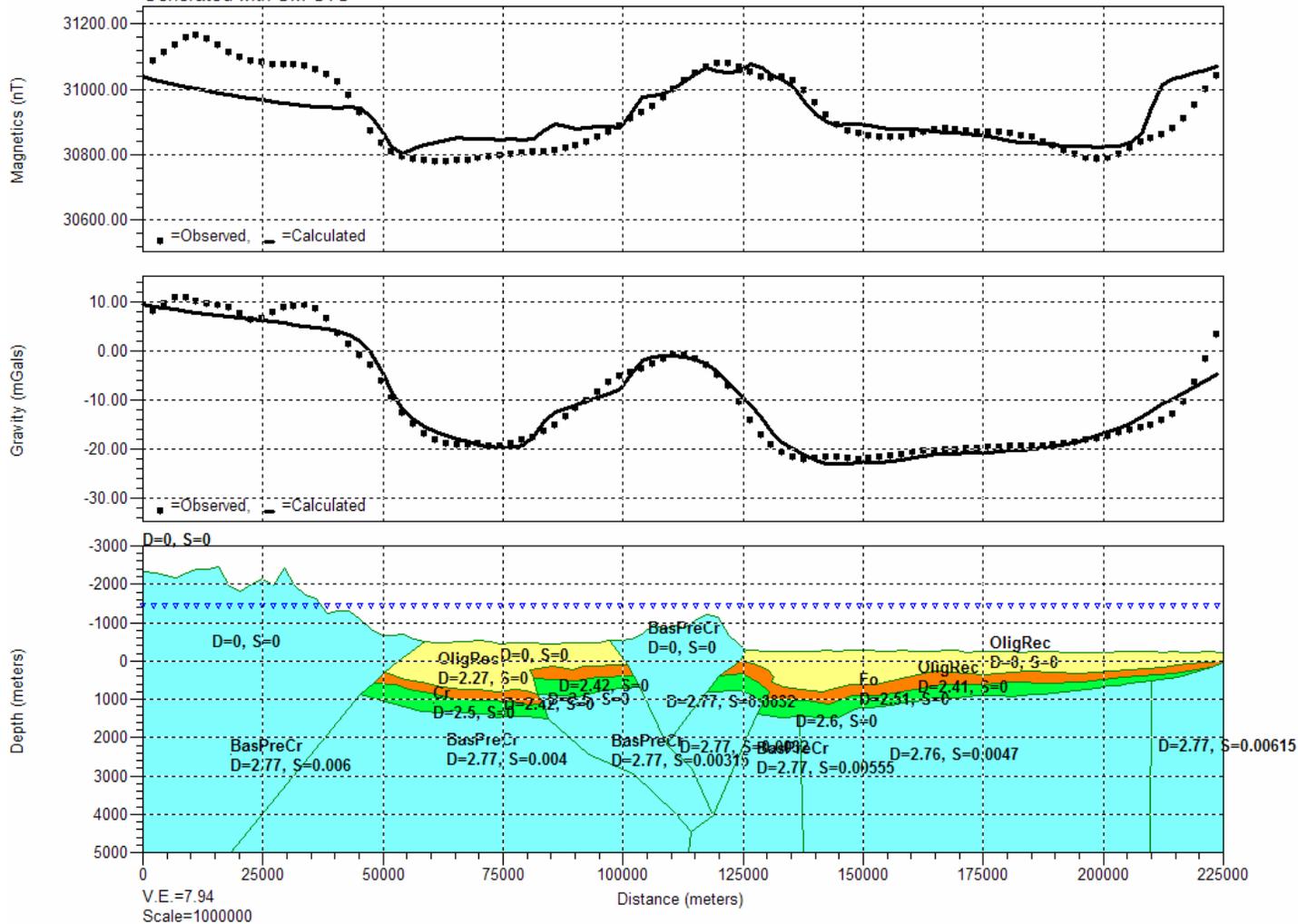




Proyecto CAGUAN ** PERFIL 1

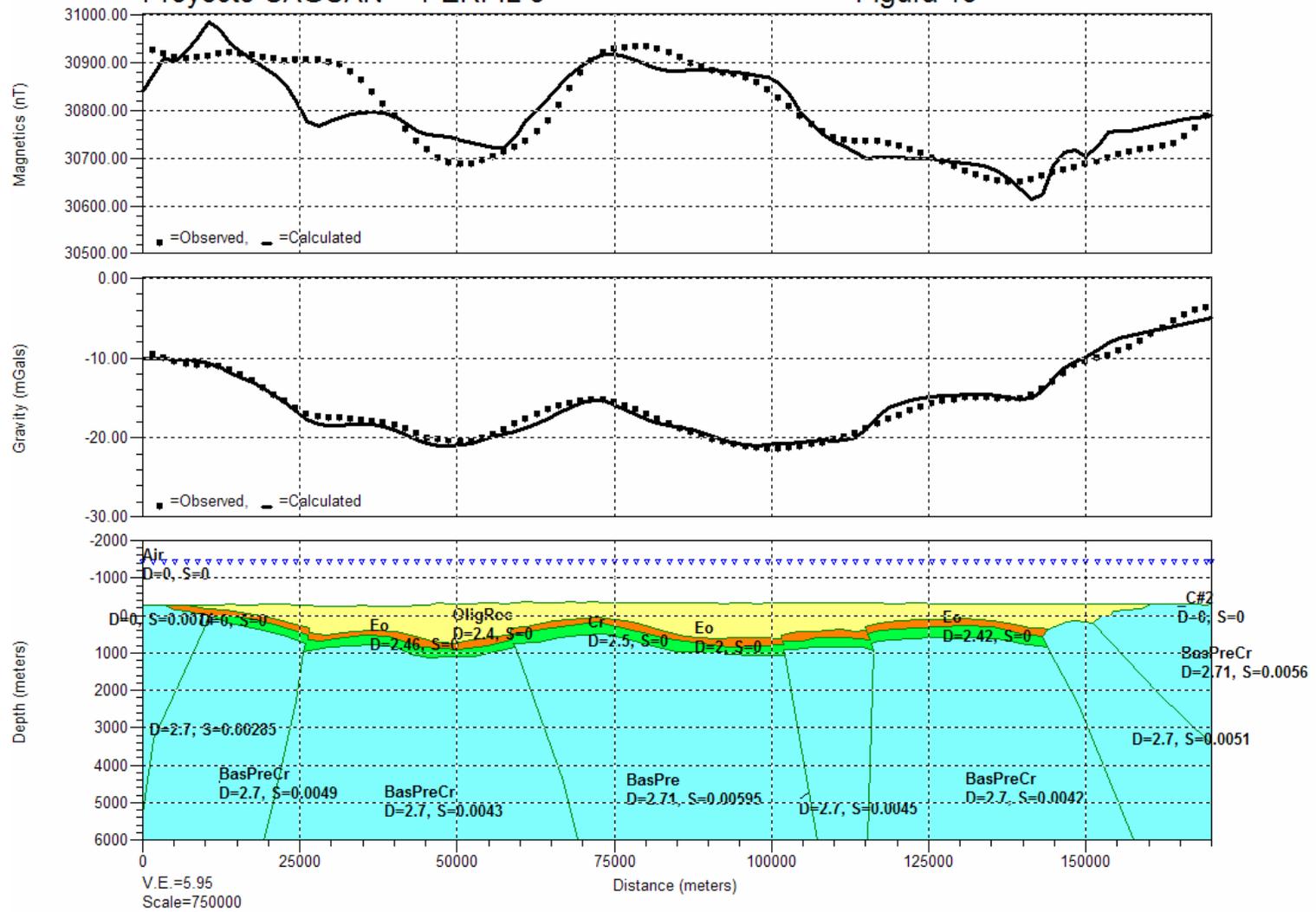
Figura 13

Generated with GM-SYS



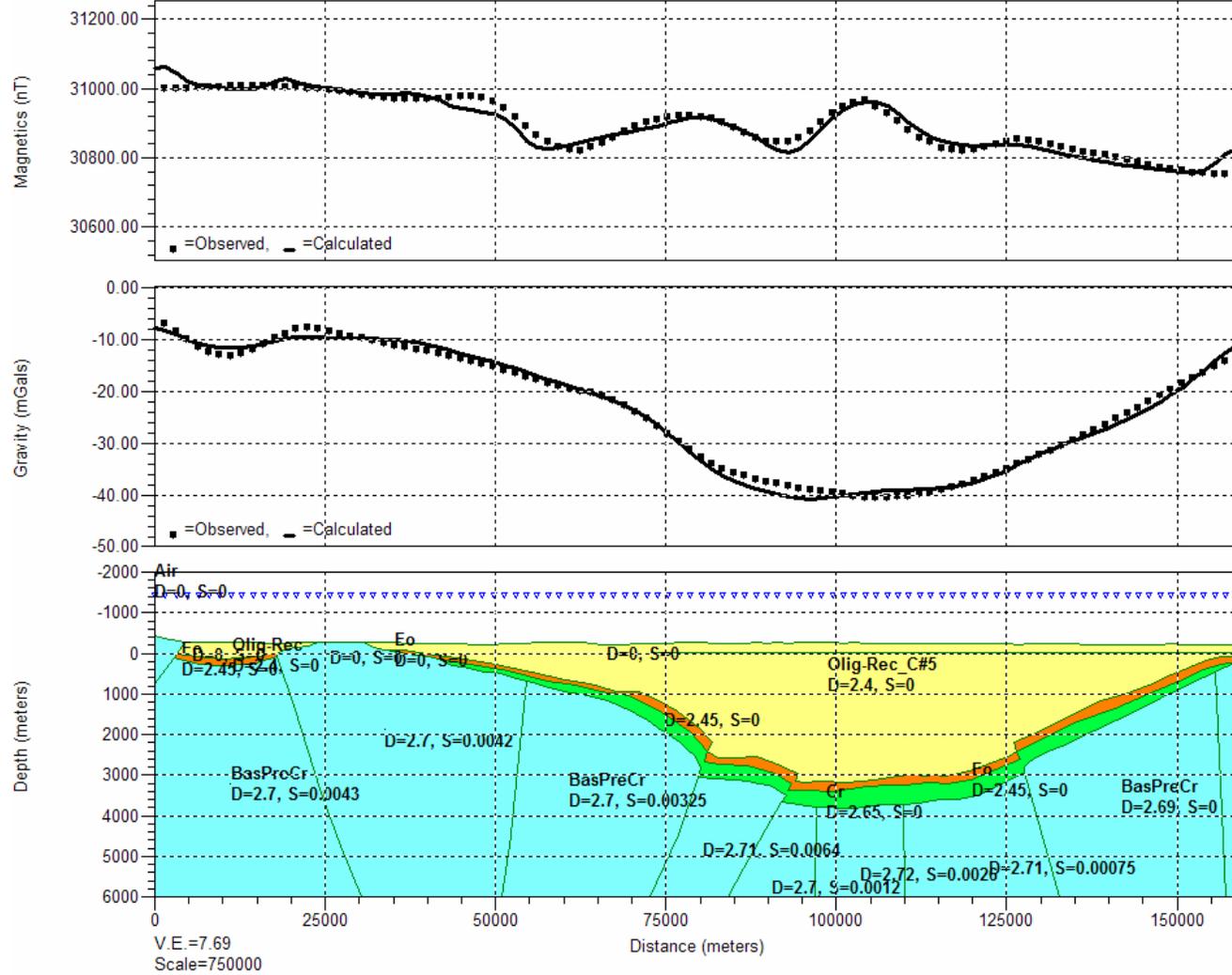
Proyecto CAGUAN ** PERFIL 3

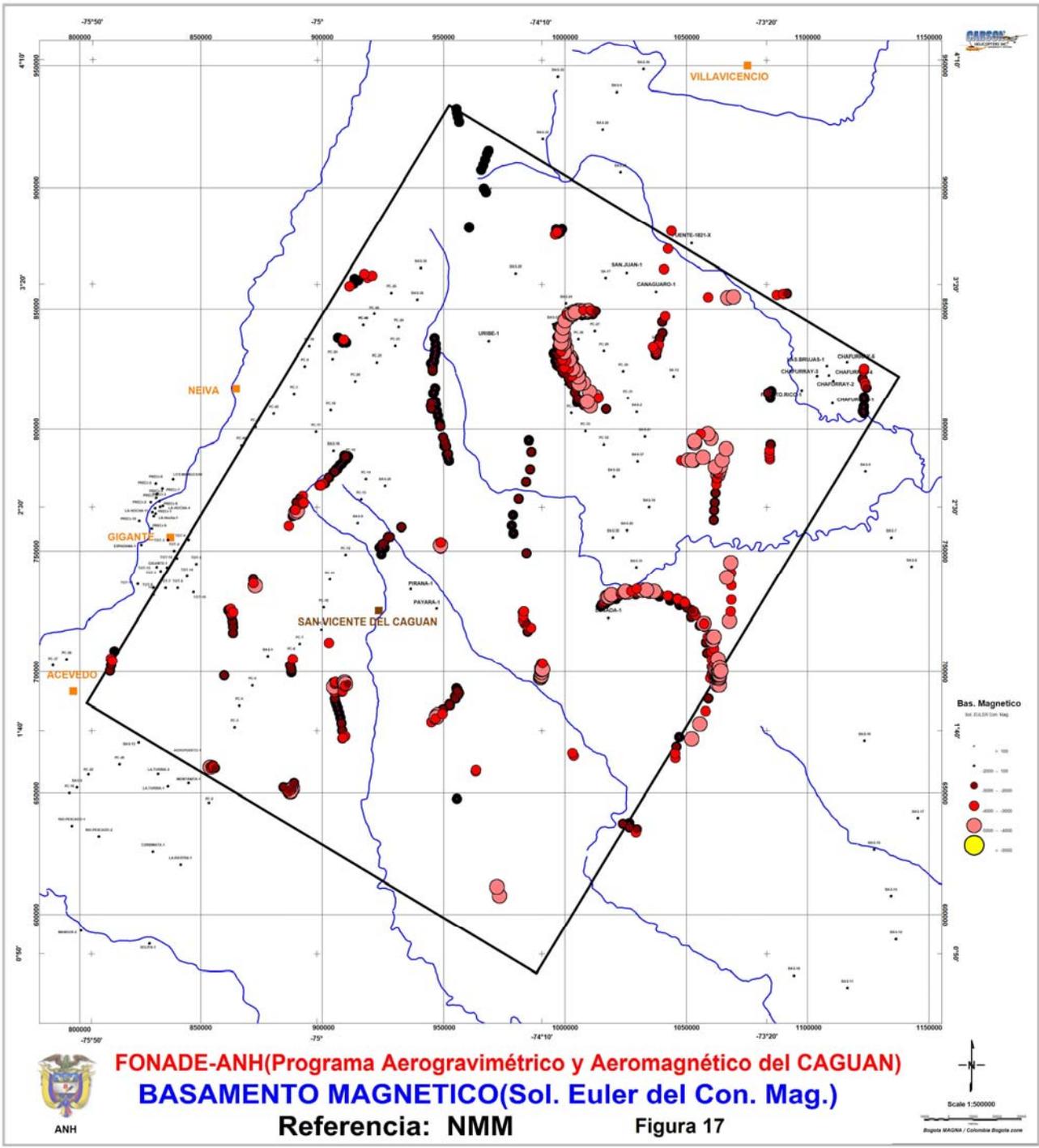
Figura 15



Proyecto CAGUAN ** PERFL 4

Figura 16

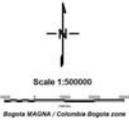


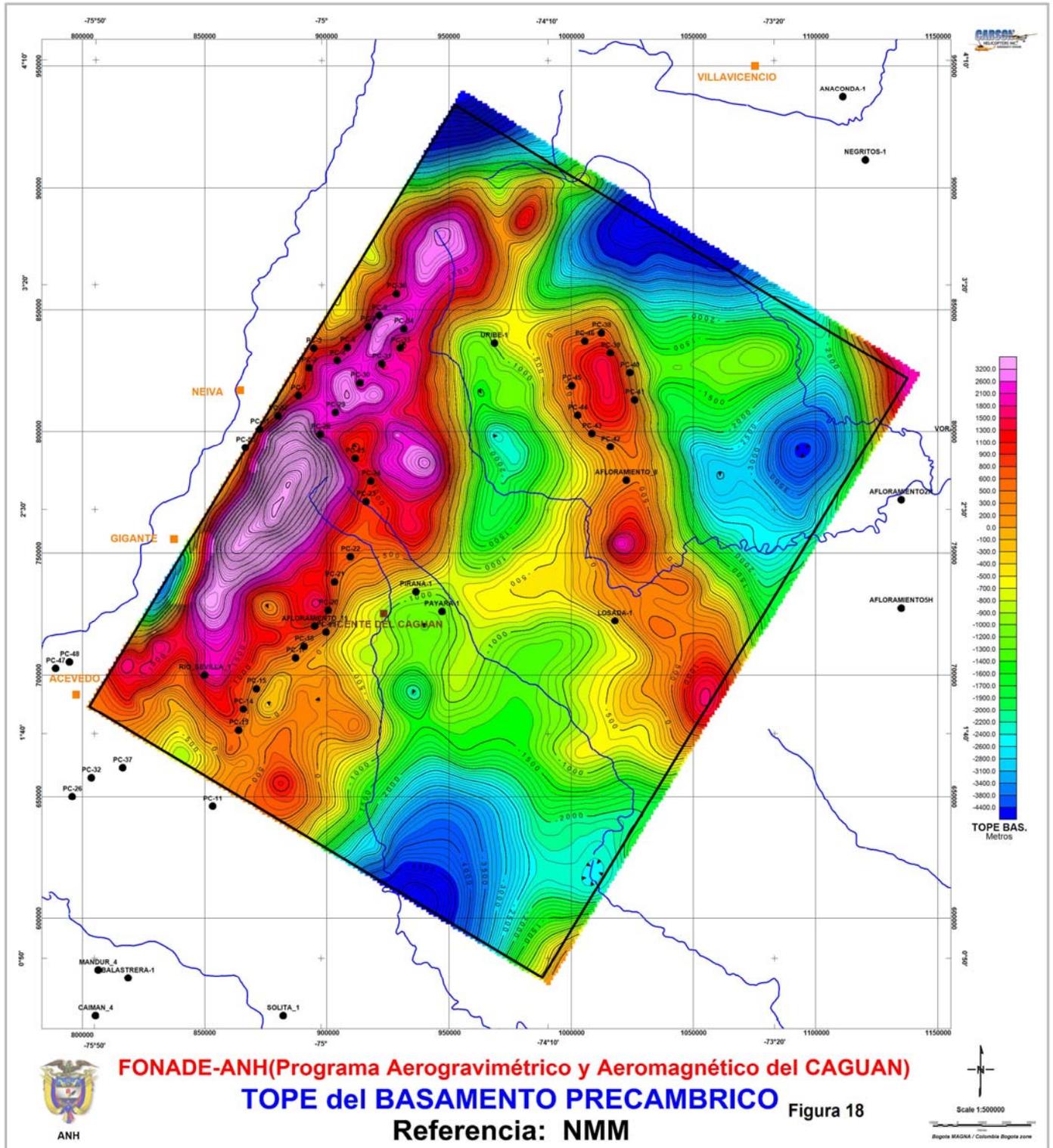


FONADE-ANH(Programa Aerogravimétrico y Aeromagnético del CAGUAN)
BASAMENTO MAGNETICO(Sol. Euler del Con. Mag.)

Referencia: NMM

Figura 17





Proyecto CAGUAN ** PERFL 5 Figura 19

